

ТЕКСТЫ ЛЕКЦИЙ
по учебной дисциплине

Машины и оборудование открытых горных работ

Содержание

стр.

	Введение		3
Лекция 1-2	Общих сведения и классификация горных машин ОГР		4
Лекция 3	Машины для подготовки горных пород к выемке		7
Лекция 4	Выемочно-погрузочные машины		16
Лекция 5-6	Выемочно-транспортирующие машины		20
Лекция 7-11	Транспортные машины. Классификация транспортных машин. Транспортные схемы		30
Лекция 12-15	Рельсовый транспорт (Ж/Д транспорт (ЖДТ)		47
Лекция 16-20	Автомобильный транспорт		82
Лекция 21-22	Ленточные конвейеры		87
Лекция 23	Комбинированные схемы транспорта		92
Лекция 24	Гидромеханизация ОГР и гидротранспорт		94
Лекция 25-26	Производственная и техническая эксплуатация		100
	ЛИТЕРАТУРА		105

ВВЕДЕНИЕ

Целью изучения дисциплины " **Машины и оборудование открытых горных работ** ", является развитие навыков самостоятельного решения инженерных задач применения горных машин на разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом.

Анализ существующей практики ведения открытых горных работ выявил неблагоприятные тенденции:

- усложняются условия разработки месторождений в связи с переходом горных работ на большие глубины- до 400..500 м;
- ухудшается вещественный состава руд по основному полезному компоненту;
- вовлечение в разработку новых месторождений в удаленных, неосвоенных или мало освоенных районах, что требует огромных инвестиций;
- резком ухудшении экологической обстановки в связи с увеличением глубины карьеров и введением более жестких штрафных санкций за нарушение экологической безопасности горных работ;
- значительном влиянии рыночной конъюнктуры на ежегодные объемы добычи и переработки полезных ископаемых.

С увеличением глубины карьеров снижается производительность, увеличиваются затраты на транспортирование, ухудшается экологическая обстановка в карьере. Анализ работы глубоких карьеров и проектов их развития показывает необходимость перехода на комбинированные схемы транспортирования горной массы или применения подъемников. В этих схемах погрузочно-транспортных комплексов с экскаваторами-мехлопатами предпочтение отдается автомобильному транспорту, применяемому в качестве сборочного.

Повышение производительности горных работ и снижение их себестоимости на карьерах достигается применением современных горных машин, комплексной механизации и транспортных установок непрерывного действия. Высокая стоимость автосамосвалов, расходы на техническую эксплуатацию, увеличение времени на транспортирование и потери времени автосамосвалами очень велики. Однако, например переход на конвейерный транспорт требует применения сложных и дорогостоящих дробильных установок на погрузочных и перегрузочных пунктах. При небольшой производительности карьера их применение может быть экономически нецелесообразным. Эти и другие противоречия требуют устранения для повышения эффективности горных работ.

Основные задачи дисциплины

Обучить студентов

- существующему уровню механизации открытых горных работ;
- конструкции и эксплуатации основных горных машин;
- методикам выполнения основных эксплуатационных расчетов;
- перспективами совершенствования горной техники;
- основными принципами выбора машин.

Лекция 1-2

Общин сведения и классификация горных машин ОГР

Основными технологическими операциями при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом являются: подготовка горной массы к выемке, выемочно-погрузочные работы, транспортирование горной массы и отвалообразование.

Подготовка горной массы к выемке. При разработке рыхлых пород применяются невзрывные способы подготовки: осушение, оттаивание, утепление, увлажнение, механические рыхления и управляемое обрушение горных пород. При разработке скальных, полускальных и мерзлых горных пород используются буровзрывные работы. При проектировании БВР последовательно решаются следующие вопросы:

- выбор вида бурения, диаметра скважин, типоразмера бурового станка, типа ВВ и СВ;
- расчет линии сопротивления по подошве (ЛСПП) и сетки скважин;
- определение параметров взрывной скважины, ее заряда;
- расчет параметров взрывающегося блока;
- выбор схемы взрывания блока с учетом предполагаемого направления взрыва и обеспечение хорошего гранулометрического состава взорванной горной массы;
- расчет выхода горной массы с 1 м скважины, общего объема бурения и необходимого количества бурового оборудования;
- определение состава и показателей вспомогательных процессов при БВР.

Выемочно-погрузочные работы. Выемочно-погрузочное оборудование определяет структуру комплексной механизации и эффективность работы горно-добывающего предприятия в целом. Проектирование выемочно-погрузочных работ предусматривает:

- выбор номенклатуры оборудования и конкретных моделей;
- расчет параметров забоев выемочно-погрузочных машин;
- определение производительности и необходимого количества погрузочного оборудования.

Транспортирование горной массы. Проектирование карьерного транспорта предусматривает решение следующих задач:

- выбор и обоснование вида транспорта и транспортных сосудов;
- выбор и обоснование схемы работы транспорта на рабочем горизонте (схемы маневрирования и подачи транспортных средств к погрузочному оборудованию);
- расчет производительности транспортной единицы (локомотивосостава, самосвала), конвейера и необходимого количества транспортных средств;
- определение ограничивающего перегона и проверка его возможностей обеспечения производительности карьера по полезному ископаемому и горной массы;
- учет требований техники безопасности;
- создание условий эффективной эксплуатации транспортных средств.

Отвалообразование. При внешнем отвалообразовании в зависимости от принятых средств механизации (экскаваторные, бульдозерные и т.п.) проектирование сводится к решению следующих задач:

- определение вместимости и высоты отвалов (при ограниченной площади) или площади (при ограниченной по физико-механическим свойствам пород высоты);
- расчет параметров, приемной способности и количества отвальных тупиков при железнодорожном транспорте и экскаваторном отвалообразовании или отвальных участков при автомобильном транспорте и бульдозерном отвалообразовании;
- расчет объемов бульдозерных работ и бульдозерного оборудования.

При внутреннем отвалообразовании расчеты тесно связаны с выбором и обоснованием системы разработки. Решаются следующие задачи:

- выбор и обоснование вскрышного оборудования;
- расчет параметров вскрышной и отвальной находок на основе обеспечения их равенства по ширине и площади;
- выбор и обоснование добычного оборудования на основе обеспечения равенства ширины вскрышной и добычной заходок, а также скорости продвижения вскрышного и добычного забоя.

При заданной производительности по полезному ископаемому проектирование целесообразно начинать с выбора и обоснования добычного оборудования с последующим обеспечением добычных работ вскрышным и отвальным оборудованием.

При разработке месторождений следует стремиться к **комплексной механизации горных работ**.

Цель комплексной механизации заключается в получении наилучших технико-экономических показателей разработки. Для этого необходимо, чтобы механизация была не только комплексной, но и комплектной. Под комплектностью механизации понимается соответствие оборудования в смежных технологических процессах рабочим параметрам, производительности и режиму работы.

По мере физического и морального износа отдельных машин и механизмов должно предусматриваться обновление их парка более эффективными современными машинами. Для мощных

горно-добывающих предприятий неизбежны периодические реконструкции, при которых может полностью меняться схема комплексной механизации, а, значит, и комплект машин.

Механизация и организация работ на глубоких карьерах и предприятиях по добыче строительных материалов развивается на основе внедрения поточной и циклично-поточной технологии, при которых обеспечиваются наиболее высокие технико-экономические показатели разработки.

Конкурирующие структуры комплексной механизации сравниваются по стоимости и трудоемкости производства, удельным капитальным затратам, металлоемкости и энергоемкости.

Любая структура комплексной механизации должна полностью удовлетворять требованиям безопасности производства горных работ, полноты извлечения запасов полезного ископаемого из недр, обеспечения требуемого качества продукции и комплексного использования видов и сортов полезного ископаемого на карьере.

В случаях решающего значения распределения вскрышных пород применяют критерий наименьшего среднего от начала разработки коэффициента вскрыши.

При разработке комплексных месторождений критерием является коэффициент добычи.

При разработке месторождений строительных горных пород в качестве критерия определения направления развития горных работ могут выступать химический состав (цементное сырье), физико-механические свойства (щебень).

Современная **классификация** машин для ОГР по роду выполняемой работы (технологический признак) различает машины и оборудование, применяющиеся на открытых горных работах:

машины для подготовки горных пород к выемке;

выемочно-погрузочные машины;

выемочно-транспортирующие машины;

транспортные машины;

отвалообразующие машины;

сортировочно-обогащительные машины;

машины гидромеханизации;

машины для вспомогательных работ.

Каждая из перечисленных групп имеет свою внутреннюю классификацию.

Различают также по **виду потребляемой энергии, компоновке, исполнению отдельных узлов, механизмам перемещения, конструктивным и технологическим параметрам.**

Общее устройство ГМ

- **рабочие органы** – непосредственно воздействуют на горные породы (ковш, плуг, лента, долото, резцы, и т.п.);
 - **исполнительные органы** – передают рабочему органу необходимые движения и усилия (механизмы подачи, напора, вращения и др.)
 - **силовое оборудование** - (электропривод, ДВС, гидропривод, комбинированные);
 - **передаточные механизмы:** редуктор, трансмиссия, передачи. - служат для трансформации при передаче энергии от привода к исполнительным ;
 - **несущая конструкция** (рама, мост, ферма)-придает прочность машине, предохраняет от поломок от действия нагрузок при эксплуатации и служит основой для крепления всех механизмов;
 - **механизм перемещения** – для перемещения машины (типы далее);
 - **средства автоматизации и управления** – для включения-выключения, регулирования рабочих параметров и режимов, обеспечения безопасности.
-
- Горные породы изучаются в дисциплине:
 - - - как объект разрушения;
 - - - основания, на которое опирается машина (при разрушении, экскавации, движении);
 - - - обеспечения условий для работы оборудования, например, с образованием траншей, уступов и площадок, на которых располагается ГМ;
 - - - как объекты транспортирования (грузы): насыпные, жидкие, штучные.
 - Наиболее важные характеристики
 - 1. Крепость ГП по М.М.Протоdjяконову по коэффициенту крепости ГП на 10 групп. От 0,3 (X группа) до 20(I группа) и выше. Также при разработке применяются ЕНВ, СНИП.
 - 2. Твердость.
 - 3. Сопротивление разрушению (резанию, бурению, копанию, вдавливанию, удару, термическому воздействию, взрыву и др.).
 - 4. Плотность, пористость, пределы прочности по различным видам воздействий, упругость, хрупкость, вязкость, пластичность.
 - 5. Связность, сыпучесть, слеживаемость и разрыхляемость.
 - 6. Возгораемость.
 - 7. Абразивность
 - 8. Трещиноватость.

- 9. Влажность.
- 10. Крупность, форма кусков и гранулометрический состав и др.
- По трудности разработки по В.В.Ржевскому (Показатель Пр) различают 6 классов ГП

$$P_p = 0,5K_{mp}(\sigma_{сж} + \sigma_{раст} + \sigma_{сдв}) + 0,5\gamma$$

Показатель Пб	1...5	5, 1...10	10, 1...15	15, 1...20	20, 1...25	Более 25
Характеристика ГП	Легко буримые	средней буримости	Трудно буримые	Весьма трудно буримые	исключительно трудно буримые	внекатегорийные

- По трудности бурения 6 классов ГП

$$P_b = 0,7(\sigma_{сж} + \sigma_{сдв}) + 0,7\gamma$$

Класс	• I	• II	• III	• IV	• V	• VI
Показатель Пр	1...5	5,1...10	10,1...15	15,1...20	20,1...25	Более 25
Характеристика ГП	Легко разрушаемые	средней разрушаемости	трудно разрушаемые	Весьма трудно разрушаемые	Исключительно трудно разрушаемые	Внекатегорийные

Способы разрушения горных пород

Основные:

- Механический (до 85 %), энергоемкость 0,7...6,1 МДж/м³ ;
- Гидравлический 1,4...14 МДж/м³ , при земснарядах (без транспортирования) в 1,5...2 раза меньше;
- Взрывной, оценивается по бурению 1 м скважины, -14...36 МДж/м;

Реже применяются: термические, электрофизические, комбинированные и др.

По скорости воздействия на забой разделяются на статические до 5м/с и динамические, более 5 м/с : вибрационные, высокоскоростные (фрезерные) и импульсные (электро-, магнито-, гидро-воздействия)

Резание горных пород – механическое разрушение, появляющееся при преодолении предельных для горной породы одного из напряжений: сжатия, растяжения и сдвига (чаще совокупности), и протекающее с отделением от массива кусков (слоев, частиц).

По способу разрушения горной породы буровыми машинами различаются механические и физические способы разрушения :

- ударно-вращательное и вращательное бурения шарошечными и резцовыми долотами, разрушающие породу различным инструментом с прикладываемыми к нему силовыми нагрузками;
- термическое, взрывное, гидравлическое, электрогидравлическое и ультразвуковое бурение, воздействующие на горную породу через жидкую и газообразную среду.

Механический способ бурения скважин осуществляется за счет непосредственного воздействия рабочего инструмента на породу, при котором в последней возникают высокие напряжения, превышающие предел прочности и приводящие к разрушению породы в области контакта с инструментом.

Физические способы:

При *термическом способе* бурения разрушение (шелушение) пород происходит в результате нагрева забоя скважины сверхзвуковыми раскаленными струями и появления в породе термических напряжений, превышающих предел прочности минерального образования.

Взрывное бурение (взрывобурение) может осуществляться с помощью ампульных или твердых ВВ, а также струйным способом. Ампулы с жидкими компонентами ВВ (окислитель и горючее) периодически подаются к забою скважины по трубам с водой. Твердые заряды ВВ с детонатором накольного типа автоматически подаются через сопло взрывобура на забой. Удаление породы из скважины, осуществляется сжатым воздухом. При струйном способе по специальным трубкам жидкий окислитель и горючее подаются из емкостей к дозирующим приспособлениям забойного взрывобура и непрерывно или прерывно инициируются взрывы.

Разрушенная порода подхватывается восходящим воздушным потоком, образующимся при подаче сжатого воздуха в затрубное пространство.

Гидравлический способ бурения осуществляется тонкой высоконапорной струей воды, подаваемой на забой со сверхзвуковой скоростью, и обладает весьма высокими удельными затратами энергии. *Лучшее из предлагаемого в последнее время отрезание от массива крупными блоками.*

Разработаны новые физические способы бурения: электрогидравлический, ультразвуковой, тепловой пенетрации и другие, которые, однако, пока не вышли из стадии экспериментов.

Несмотря на создание и внедрение новых физических и комбинированных способов бурения, механическое разрушение горных пород при бурении, в первую очередь станками шарошечного бурения, остается определяющим. Но каждый из способов имеет свою область применения и поэтому не может быть полностью вытеснен другими.

Контрольные вопросы.

1. Что понимают под термином "горная машина"? Охарактеризуйте специфические условия работы горных машин [2, с. 8-10].
2. Приведите классификацию горных машин для открытых работ. Каковы требования, предъявляемые к горным машинам? [2, с. 8-9; 1, с. 4-5].
3. Какова структурная схема горной машины? [1, с. 5-6].
4. Охарактеризуйте физико-механические свойства горных пород, способы их разрушения [1, с. 8-12; 2, 11-13].
5. Объясните физическую сущность разрушения горных пород ударом и резанием [1, с. 27-28, 40-42, 46-48; 2, с. 18-20].
6. Что предусматривает применение комплексной механизации?
7. Назовите особенности эксплуатации машин и механизмов на открытых горных работах.
6. Перечислите основные положения правил безопасной эксплуатации машин и механизмов.

ЛЕКЦИЯ 3

3.1 Машины для подготовки горных пород к выемке

Подготовительные работы включают в себя:

- очистку производственной площадки (удаление древесно-кустарниковой растительности, валунов, корчевка пней и др.);
- разбивку трассы с указанием мест выездов бульдозеров из траншеи (с площадки), мест разворотов, размещения отвалов и др.;
- Разрыхление горных пород рыхлителями, буровзрывным способом.

Работы по уборке породы состоят из процессов резания и копания, набора призмы волочения и перемещения породы за пределы выработки.

Применяются:

Машины для подготовительных работ. рыхлители, корчеватели, кусторезы, гидро- и пневмо- молоты;

Буровые машины.

- Способы бурения горных пород.
- Классификация и индексация буровых машин.
- Теория разрушения пород вращательным, ударным, ударно- вращательным и термическим бурением.
- Рабочие механизмы буровых станков.
- Конструкция и область применения станков.
- Буровой инструмент.
- Техничко-экономические показатели буровых станков.
- Расчет производительности.

Назначение, классификация (Рис.1), режимы работы и основные параметры буровых станков. Различают:

- по способу разрушения ГП: механический, термический, взрывной, гидравлический, комбинированный);

- роду потребляемой энергии (электрические, тепловые, пневматические и гидравлические);
- способу приложения силовой нагрузки к буровому инструменту (ударное, ударно-вращательное, вращательное (различают шарошечными долотами, резцовыми коронками);
- способу удаления продуктов разрушения (непрерывное и периодическое);
- способу расположения скважины (вертикальные, наклонные и горизонтальные);
- назначению (для взрывных скважин, размещения котловых зарядов, изучения залегающих пород, строительного назначения и др.).

Различают также:

- по компоновке;
- исполнению отдельных узлов (ВПМ вращ.-под. механизмам; их расположению - в верхней и в нижней части; торцевая, патронная (шпиндельная) и роторная);
- механизмам перемещения (подачи): гравитационные, зубчато-реечные, канатные, поршневые (гидравлические и пневматические), цепные и комбинированные;
- конструктивным и технологическим параметрам.

Общие технические требования к станкам для бурения взрывных скважин ГОСТ 26698-85 устанавливает три подгруппы станков :

- **СБШ (шарошечное бурение)** - Станки вращательного бурения шарошечными долотами с очисткой скважины воздухом пяти типоразмеров (160, 200, 250, 320 и 400 мм) для пород с $f= 6...18$.
- **СБУ (пнеumo-ударное бурение)** - Ударно-вращательное бурение погружными пневмоударниками с очисткой скважины воздухом четырех типоразмеров (100, 125, 160 и 200мм) для пород с $f= 6...18$.
- **СБР (шнековое бурение)** - Вращательного бурения резцовыми коронками с очисткой скважины шнеком двух типоразмеров (160 и 200мм) с $f \leq 6$.

ГОСТ предусматривает один типоразмер станка термического бурения.

Стандарт предусматривает глубину бурения

	с наращиванием	без наращивания бурового става
СБШ	до 36 и 55м	не менее 20м
СБР	-24 и 32м	до 15м
СБУ	32 и 52м	не менее 18м

ГОСТ не включает станки ударно-канатного бурения СКБ.

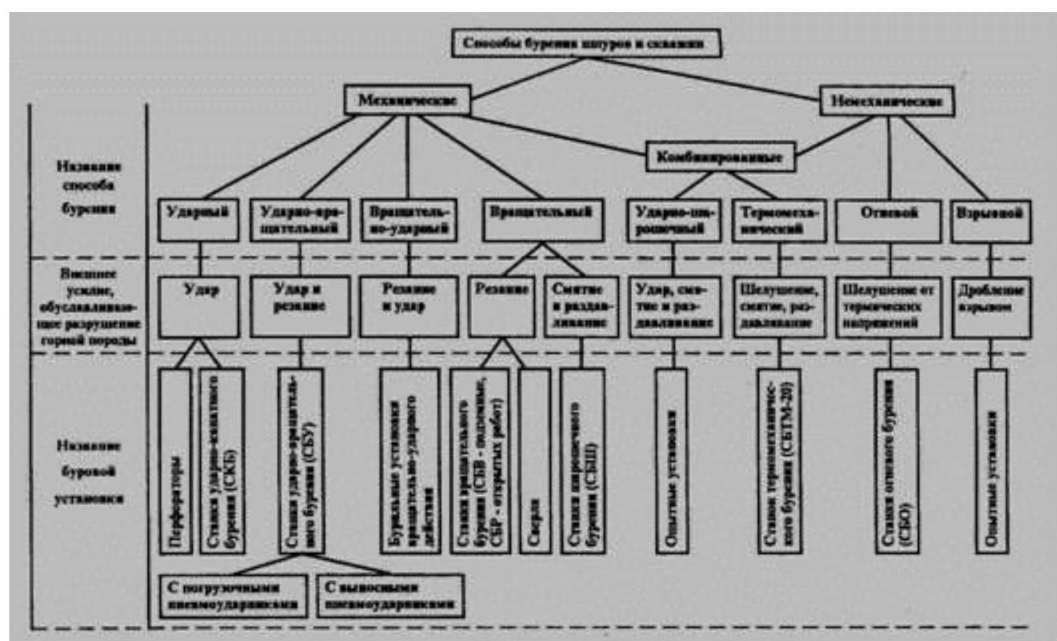


Рис. 3.1 Классификация способов бурения

Современные станки вращательного бурения в состоянии осуществлять бурение взрывных скважин несколькими способами: шарошечными долотами с удалением буровой мелочи из скважины сжатым воздухом; режущими долотами с удалением буровой мелочи из скважины шнеком или сжатым воздухом, а также и ударно-вращательным способом погружными пневмоударниками, без каких-либо существенных изменений конструкции станков, если последние оснащаются компрессорами высокого давления, необходимого для работы погружного пневмоударника (от 0,9 до 2,4 МПа).

Основные параметры буровых станков — диаметр, глубина и угол наклона скважины — характеризуют возможность геометрического расположения последней на уступе с целью размещения в ней взрывчатого вещества, получения оптимальной степени дробления горной массы, а также заданной геометрии развала взрываемого блока [1, 2].

3.2. Отечественные станки вращательного бурения шарошечными долотами

В настоящее время производство станков шарошечного бурения в РФ сосредоточено в основном на ОАО «Бузулукский завод тяжелого машиностроения» (БЗТМ) г. Бузулук, УГМК «Рудгормаш» г. Воронеж и ОАО «Ижорские заводы» г. Санкт-Петербург.

Станок ЗСБШ-200-60 имеет нижний привод вращения бурового става, патронную подачу, малоопорную гусеничную ходовую часть с встроенными редукторами, мачту с открытой передней гранью, в которой размещена кассета со штангами. Низкое позиционирование патрона по отношению к платформе и его подача с помощью гидроцилиндров снижают динамику воздействий реактивных сил на металлоконструкции станка, возникающих при бурении, позволяют интенсифицировать режимы бурения (усилия подачи и частоты вращения инструмента).

Патронная подача требует перехвата штанги через каждый метр, снижает его техническую скорость бурения, оказалась единственной в России моделью, при работе которой были получены устойчивые результаты при бурении наклонных скважин на глубину 40–55 м, и им были установлены рекорды бурения за смену — 952 м [3]. Годовая производительность станка достигала 1,9 млн м³ подготовленной горной массы. высокой цене, например, станка ЗСБШ-200-60 порядка 18 млн руб. (без НДС), морально устаревшая машина конкурентной борьбы не выдерживает. >>>>

Буровые станки на карьерах предназначены для бурения взрывных скважин с целью отбойки руды. Под скважиной понимается цилиндрическое углубление (выработка) в горном массиве диаметром более 75 мм. и любой глубины или любого диаметра, но глубиной более 5 м. Применение рациональных для данных условий типов буровых станков позволяет существенно повысить производительность процесса бурения и улучшить условия труда бурильщиков.

Станки шарошечного бурения (СБШ) применяются для открытых горных разработок. Принцип шарошечного бурения заключается в следующем: от станка через буровой став шарошечному долоту, передаются крутящий момент и осевое усилие. При вращении шарошки (конусы или цилиндры с зубками), свободно сидящие на осях цапф долота, перекатываются по забою, при этом зубки внедряются в породу и разрушают ее. Удаление продуктов разрушения с забоя скважины производят сжатым воздухом или водой, поступающими к забою через буровой став.

Станки шарошечного бурения для открытых горных работ состоят из следующих основных узлов: ходовой базы (гусеничный), мачты, машинного отделения и кабины машиниста. Все серийно выпускаемые отечественные станки имеют гусеничный ход. Мачты бывают открытые и закрытые. Они могут иметь центральное или консольное расположение. При консольном расположении мачты для создания осевого усилия используется всего 50–60 % массы станка (при центральном - до 80%), но такое расположение мачты позволяет бурить скважины вблизи борта уступа. Все отечественные станки имеют закрытый тип мачты и консольное расположение. Для выполнения операций по обурированию забоя станки имеют механизмы для перемещения станка, установки его в рабочее положение (горизонтирование), подъема и опускания мачты, вращения бурового става, создания осевого усилия, спуска и подъема бурового става, его наращивания и разборки. Имеются также системы очистки забоя скважины, пылеподавления и кондиционирования.

Шарошечные станки, выпускаемые до 1 января 1988 г., должны иметь основные показатели технического уровня и качества, приведенные ниже.

Условный диаметр скважины, мм.....	200	250
Глубина бурения вертикальных скважин, м, не менее....	32; 40	35; 55
Угол наклона скважин к вертикали, градус.....	0; 15;	30
Ресурс до первого капитального ремонта, ч, не менее.....	11 000	

В настоящее время выпускается шесть типоразмеров станков шарошечного бурения. Выбор данных типов СБШ обоснован преимуществами шарошечного бурения: высокая скорость бурения, возможность бурения вертикальных и наклонных скважин большого диаметра на значительную глубину в породах с различными свойствами.

3.3. Описание конструкций буровых станков

Станок СБШ-250-32МН смонтирован на гусеничном ходу типа УГ60М. Раму станка устанавливают на поперечных балках гусеничной тележки. На раме размещены основные механизмы. Мачта станка покоится на двух опорах. Она опускается в транспортное положение с помощью механизма заваливания. Для надежного крепления при транспортировании мачта прижимается к двум опорам с помощью троса с натяжным винтом. В машинном отделении станка размещены маслonaсосная станция, насос для закачки воды, насос для орошения забоя. Станок имеет винтовой компрессор 6ВКМ -25/8. Для хранения запаса воды в передней части станка имеется емкость объемом 2,7 м³ с электрическим подогревом. С левой стороны станка находится кабина управления механизмами, которая оборудована кондиционером для улучшения санитарно-гигиенических условий труда оператора. Раму станка при бурении вывешивают на трех домкратах. С задним домкратом блокируют гидроцилиндр подъема вентилятора, который воздушной струей отбрасывает буровой шлам, выходящий из скважины от станка.

Каркас мачты представляет собой пространственную ферму, внутри которой размещены вращатель с буровым снарядом, сепаратор с буровыми штангами, механизм подачи, механизм свинчивания и разборки бурового снаряда, приспособление для наклонного бурения и другое оборудование. Станок снабжен наддолотным влагоотделителем для разделения водовоздушной смеси. На верхней обвязке мачты установлены опоры блоков механизма подачи с блоком троса натяжной каретки гирлянды. На нижней обвязке мачты смонтированы два гидроцилиндра механизма подачи, механизм развинчивания штанг и верхний ключ. К средней обвязке прикреплены полуоси, на которых поворачивается мачта. К задней стороне мачты крепят на подшипниковых опорах сепаратор. Вдоль всей мачты проходят направляющие, по которым перемещают вращатель и натяжную каретку гирлянды.

Механизм подачи состоит из двух гидроцилиндров и двух четырехкратных канатно-полиспастных систем. При ходе штока цилиндра 2 м ход бурового снаряда равен 8 м, т. е. длине штанги. Натяжение гирлянды осуществляют кареткой и двукратной канатно-полиспастной системой.

Вращатель бурового снаряда состоит из электродвигателя постоянного тока ДПВ-52 с независимым возбуждением мощностью 60 кВт, вентиляционной установки для охлаждения электродвигателя и двухступенчатого редуктора с передаточным числом 11,05.

Вращение от электродвигателя постоянного тока через зубчатую муфту и шлицевой вал передается входному валу двухступенчатого редуктора. От входного вала последнее вращение получает шинно-шлицевая муфта, служащая для предохранения электродвигателя и редуктора от вибрации. Через опорный узел на вращающийся буровой снаряд передается осевое усилие от нижних канатов механизма подачи, закрепленных на ползунах опорного узла. Каретки вращателя движутся по направляющим мачты. Опорный узел в свою очередь, может перемещаться относительно кареток. Электродвигатель с редуктором и блоком подвешен на канатах. Каретка вращателя через полиспастную систему соединена со штоком одного из гидроцилиндров подачи.

Связь электродвигателя с опорным узлом осуществляется только через зубчатую муфту и канаты. Ниже опорного узла расположено сальниковое устройство для подачи водовоздушной смеси в буровой став. Канатно-полиспастная система обеспечивает непрерывную подачу вращателя на длину штанги (8 м) при ходе поршня, равном 2 м, и состоит из верхних и нижних канатов, концы которых соединены с кареткой вращателя. При движении штоков цилиндров вверх происходит натяжение нижних канатов и вращатель движется вниз. При опускании штоков натягиваются верхние канаты и происходит подъем вращателя. Натяжение канатов регулируется с помощью винтовых устройств.

Система позволяет изменять частоту вращения бурового снаряда от 0,5 до 2,5 с⁻¹. Для защиты от вибрации в системе привода установлена шинно-зубчатая муфта. Маслonaсосная станция имеет три насоса Н-403, 35Г12-24 и 18БГ12—22 с электроприводом и контрольно-регулирующей аппаратурой. Усилие на забой бурового става регулируют изменением давления в гидроцилиндрах подачи и контролируют с помощью манометра.

Питание станка электроэнергией осуществляют от сети через гибкий кабель КРШК 3Х 150+1х50. От шкафа управления питание идет через тиристорный преобразователь к двигателю вращателя. Остальные 17 двигателей питаются переменным током напряжением 380 В.

Станок СБШ-250-55 предназначен для бурения вертикальных и наклонных скважин в породах с $f=4-14$, глубиной до 55 м, для работы в диапазоне температур от +40 до -50 С⁰

Основные конструктивные особенности: применение мачты с двумя сепараторами, которая позволяет бурить взрывные скважины на карьерах с высотой уступов до 50 м; использование торцевого привода вращения бурового става с двигателем постоянного тока; между опорным узлом и вращателем установлена упругая зубчатая муфта, которая предотвращает передачу вибрации на узлы вращателя и улучшает работу долота; подачу става на забой осуществляют двумя лебедками подачи с трехкратной канатно-полиспастной системой; конструкция станка СБШ-250-55 снабжена водовоздушной системой пылеподавления.

Станок СБШ-250-55 смонтирован на гусеничном ходу с индивидуальным приводом к гусеничным тележкам. На осях хода находится машинное отделение с гидроэлектрическим оборудованием. На верхнем поясе каркаса машинного отделения установлены опоры, на которых закреплена мачта с вращательно-подающими механизмами и буровым инструментом. Кинематическая схема механизмов, расположенных внутри мачты:

Для страгивания резьбы при разборке бурового става имеются два ключа: вращающийся и не вращающийся. Надвигаются ключи на лыски штанг с помощью гидроцилиндров. Подачу бурового става производят с помощью лебедок, которые имеют индивидуальный двигатель. Вращатель передает крутящий момент буровому ставу через редуктор. Подачу воздушно-водяной смеси к вертлогу осуществляют гирляндой. Верхний подшипник поддерживает гидроцилиндр, а подшипник служит его опорой. Для натяжения канатов служит гидроцилиндр. Гидроцилиндр осуществляет поворот ключа при страгивании замкового соединения бурового става.

Подъем и опускание мачты осуществляют двумя гидравлическими цилиндрами, установленными на опорах мачты. Масло в цилиндры подают от станции гидропривода. Управление процессом подъема и опускания мачты производят с пульта управления, расположенного в кабине машиниста. К нижней платформе каркаса машинного отделения прикреплены четыре домкрата: два впереди - с помощью кронштейнов и два сзади - с помощью поперечной балки. При горизонтировании домкраты включаются попарно: два правых или два левых, два передних или два задних. Такая система позволяет исключать статическую неопределимость, возникающую при опоре станка на четыре точки.

Для автоматической намотки и размотки питающего кабеля при передвижениях в задней части станка установлены два кабельных барабана. На консолях машинного отделения установлена кабина машиниста и емкость с водой.

Гусеничный ход выполнен на базе унифицированных гусеничных ходов УГ-60М и УГ-70 с широким применением унификации узлов и деталей этих ходов. Для обеспечения устойчивости станка СБШ-250-55 при передвижении длина гусеничного хода увеличена на 300 мм по сравнению с ходом УГ-70, кроме того, применены гусеничные звенья шириной 900 мм от экскаватора Э-2003.

В машинном отделении размещены узлы гидропривода, электропривода станка и емкости для воды. Кроме того, в машинном отделении расположены:

1. Электрический шкаф управления.
2. Тиристорный преобразователь.
3. Маслонасосная станция.
4. Насос закачки.
5. Насос орошения забоя.
6. Выпрямительное устройство.
7. Трансформатор целей управления, освещения и другое вспомогательное оборудование.

Мачта 5 и станок устанавливается развернутой на 180° и крепится шарнирно с кулисой 6. Кулисы шарнирно при помощи пальцев крепятся на раме станка. Дополнительно внутри мачты устанавливается второй гидроцилиндр сепаратора и три гидроцилиндра стопорения штанг. Стопорение мачты при наклонном бурении осуществляется при 15°, 30°, 35° и 45°.

Заваливание мачты из транспортного положения в вертикальное осуществляется гидроцилиндрами завала 7, шарнирно соединенными с кулисой и мачтой. Наклон мачты из вертикального положения под станок на углы 15°, 30°, 35°, 45° от вертикали осуществляется двумя гидроцилиндрами 8, соединенными шарнирно с кулисой. Здесь использованы гидроцилиндры подачи СБШ-250-МН. Для горизонтирования станка на нем устанавливаются три гидродомкрата 9.

На буровом станке установлена компрессорная установка к ВКМ 8/25.

Остальное оборудование установлено со станка СБШ-250МН без изменения. Техническое обслуживание станка производится согласно инструкции по эксплуатации бурового станка СБШ-250МН 86.00.00.ИЭ.

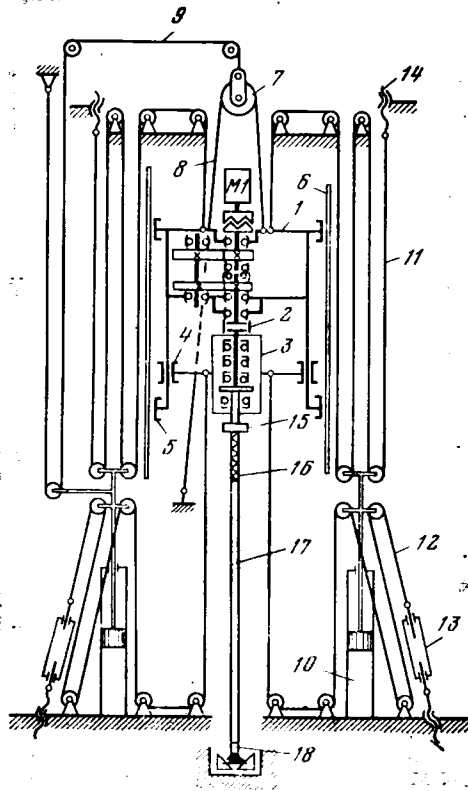


Рис. 6.7. Кинематическая схема вращательно-подающего механизма шпиндельного типа станка шарошечного бурения СБШ-250МНА-32 с канатно-поршневой подачей

3.4. Буровой инструмент (став)

Комплект бурового инструмента состоит из буровых штанг, соединительных муфт и переходников и рабочего инструмента – коронок и долот.

В станках ударно-вращательного бурения применяются погружные пневмударники,

Для улучшения работы иногда применяются стабилизаторы и амортизаторы.

Буровой став состоит из долота, наддолотного амортизатора и буровых штанг. Если амортизатор не применяют, то в комплект входят концевая и основные буровые штанги. Концевая штанга состоит из трубы с свернутыми и приваренными ниппелями – нижним и верхним. Основная буровая штанга состоит из трубы с свернутыми и приваренными муфтой и ниппелем. Муфты и ниппели имеют внутри отверстия для прохода воздуха, а также коническую замковую резьбу. С помощью резьбы буровые штанги свинчивают одна с другой. Снаружи ниппели имеют лыски для захвата штанги ключом или секторами кассеты. Иногда для подсоединения к буровому ставу долот разных диаметров пользуются переходниками, которые изготавливают на месте. Для ремонта бурового инструмента на руднике необходимо иметь трубонарезной станок (обычно для этой цели используется станок типа 91114С Тбилисского станкостроительного завода им. Кирова. Для изготовления ниппелей и переходников применяют сталь 40ХН (ГОСТ 4543-71). Трубы изготавливают из стали марок 35,3ОХГСА, 40Х (ГОСТ 8732-78).

Размеры штанг:

Диаметр штанги, мм:			
наружный.....	200	206	200
внутренний.....	159	100	159
Длина штанги, мм.....	8000	8000	10000
Масса штанги, кг.....	700	1461(утяжелённая)	875
Цена, руб.....	9500	19800	11875

Буровая штанга станков состоит из трубы, соединительной муфты и ниппеля. Переходник соединяет став штанг с пневмударником и является разбурником при обратном ходе става. Он имеет унифицированные со штангой муфты и ниппель, но более короткую длину трубы. Штанги изготавливают из стальных труб ГОСТ 8732—78 (сталь 35СГ, 36Г2С, 45 и др.) с последующей их закалкой и нормализацией. Различают три основных вида соединения штанг: замковое с конусной резьбой, муфтовое и ниппельное. Наибольшее распространение получили замковые соединения.

Буровые штанги служат для передачи долоту крутящего момента и осевого усилия, а также подвода к забою сжатого воздуха для выдачи из скважины буровой мелочи. В комплект буровых штанг входит одна концевая штанга (забурник) и несколько основных рабочих штанг. Ниппели рабочих штанг имеют внутреннюю резьбу меньшего диаметра для соединения со шпинделем вертлюга, через который подаются воздух и вода. Для обеспечения нормальных условий удаления буровой мелочи из скважины и получения требуемой скорости восходящего потока (20—75 м/с в зависимости от плотности выносимого шлама) диаметр штанги должен быть на 20—50 мм меньше диаметра долота. Например, с долотами диаметром 215,9 и 244,5 мм применяются штанги с наружным диаметром соответственно 180 и 203 или 215 мм. Штанги изготовляют из стальных бесшовных холоднокатаных (ГОСТ 8734—75) или горячекатаных (ГОСТ 8732—78) труб.

Буровые коронки классифицируют по числу разрушающих лезвий (штырей) на долотчатые, трех- и четырехперые, Х-образные; по расположению разрушающих лезвий — на одно-, двухступенчатые (с опережающим лезвием) (рис. 5.4,а) и многоступенчатые. Наличие опережающего лезвия облегчает процесс забуривания и уменьшает искривление скважин.

Наибольшее распространение имеют четырехперые Х-образные коронки К-Ю5К и К-125К с диаметрами бурения соответственно 105 и 125 мм, хвостовиком 52 и 62 мм и массой 3,5 и 5,9 кг.

Хвостовик коронки закрепляют в пневмоударнике на шлицах или шариковым замком. Лыска на хвостовике позволяет коронке смещаться в осевом направлении, что необходимо для обеспечения запуска пневмоударника прижатием коронки к забою и открытия каналов перемещения поршня. Корпус коронки изготовляют из легированной стали марки 45Х11 по ГОСТ 4543—71 и армируют твердым сплавом В К-15. Срок службы бурового инструмента зависит от типа и вида пластин твердого сплава, совершенства технологии их припайки, а также качества эксплуатации инструмента, и в первую очередь от его своевременной переточки.

Стойкость коронок К-105К и К-125К при бурении пород $f=8\sim 16$ изменяется соответственно в пределах 180—40 м и 200—60 м

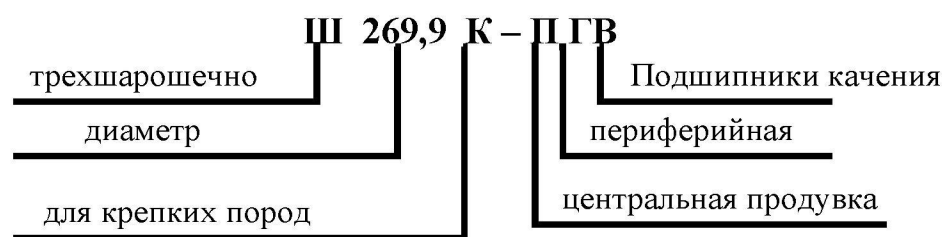
Резцовые коронки различаются числом лезвий (перьев), способом их закрепления, формой режущей кромки, способом армирования твердым сплавом и расположением резцов на корпусе. Существуют коронки как со сплошной, так и с прерывистой режущей кромкой. В последнем случае могут применяться съемные резцы.

Резцовые коронки со сплошной режущей кромкой армируются пластинками 3 твердого сплава, напаянными непосредственно на корпус 2, отлитый совместно с хвостовиком 1. При бурении сравнительно большая длина режущей кромки не позволяет развивать высокие удельные усилия. Коронка предназначена для бурения по породе и рассчитана на периодическую заточку.

Наиболее распространенные трехшарошечные долота используют для разработки пород от мягких до очень крепких с вооружением шарошки в виде фрезерованных на ней зубьев различной длины и конфигурации или впрессованных в нее штырей из твердого сплава — карбида вольфрама.

Комбинированные режуще-шарошечные долота (РШД) предназначены для бурения уступов со смешанным залеганием слоев пород от мягких до твердых и позволяют чередовать разрушение слабых пород режущим инструментом, а крепких — шарошечным или совмещать их воздействие на забой.

Пример шифра в паспорте шарошечного долота:



Тип	Область применения — буримые породы	Вооружение долота — зубья	Характеристика пород	Тип породы	Коэффициент крепости f	Тип долота	Осевая нагрузка на долото, МН/м	Частота вращения долота, с ⁻¹
М МЗ МС МЭС	Мягкие абразивные Мягкие с пропластками средней твердости Мягкие абразивные с пропластками средней твердости	Фрезерованные Твердосплавные Фрезерованные	Мягкие (с низкими абразивностью и сопротивляемостью бурению) Средней крепости	Вскрышные породы, глинистые сланцы, суглинки, известняки	≤ 6	М, МС, МЗ, МЭС	0,2—0,6	1,5—2,5
С СЗ СТ	Средней твердости Абразивные средней твердости Средней твердости с пропластками твердых	Фрезерованные Вставные Фрезерованные	Твердые	Твердые сланцы, песчаники мягкие, твердые суглинки, кремнистые известняки	< 8	С, СЗ, СТ	0,4—0,8	1,33—1,66
Т ТЗ ТК ТКЗ	Твердые абразивные Твердые с пропластками крепких Твердые абразивные с пропластками крепких	Фрезерованные Вставные Фрезерованные вставные Вставные	Крепкие	Полуабразивные известняки, песчаники, доломиты, выветрелые граниты, медь содержащие порфиры	8—14	Т, ТК, ТЗ, ТКЗ	0,7—1,4	1—1,5
К ОК	Крепкие Очень крепкие	Вставные		Абразивные базальты, гранит, кварциты, железные руды	≥ 12	К, ОК	0,9—1,8	1,66—1,17

Рис.3. 2 Индексация и применение долот

Шарошечное долото представляет собой породоразрушающий инструмент, состоящий из корпуса и шарошек, свободно вращающихся на цапфах. Шарошка является исполнительной частью долота и представляет собой стальной корпус в виде конуса, на поверхности которого расположены зубки. Последние при перекачивании шарошек по забою скважины внедряются в породу под действием осевого усилия, прилагаемого к долоту. Разрушенную породу удаляют с забоя скважины сжатым воздухом или промывочным раствором. Верхняя часть корпуса долота заканчивается резьбовым ниппелем, с помощью которого долото соединяется с бурильными трубами. При вращении бурильных труб будут вращаться корпус долота и шарошки. При этом частота вращения шарошки будет больше частоты вращения долота во столько раз, во сколько раз диаметр долота больше диаметра основания конуса шарошки. Величина сил, возникающих в зубьях пропорциональна давлению на долоте и частоте вращения. Эта величина тем больше, чем дальше расположен зубок от оси скважины. Зубья, расположенные на вершине шарошек, работают почти в безударном режиме и разрушают породу благодаря снятию и срезу при проскальзывании. Зубья, расположенные у основания конуса шарошек, имеют наибольшую энергию удара и разрушают породу ударом и скалыванием. Шарошки изготавливают из легированных малоуглеродистых цементируемых конструкционных сталей. Для увеличения твердости поверхность шарошек цементируют на глубину 1,5-3 мм, а затем закаляют до твердости HRC 57-62. После термической обработки беговые дорожки шлифуют, для того чтобы устранить деформации, возникающие в процессе закалки. В подшипниках долот применяют ролики и шарики, которые изготавливают на подшипниковых заводах из стали марки 55СМА, 55СМ5ФА и 50ХН. Твердость закаленных роликов HRC 55-60. Отклонения: по диаметру 0,033 мм, по длине - 0,045 мм. Поверхность шарика должна быть полированной. Долота классифицируют по числу шарошек. Известны одно-, двух-, трех-, четырех- и многошарошечные долота. Трехшарошечные долота являются наиболее распространенными. Они хорошо сочетают в себе достаточную динамичность работы, хорошую устойчивость на забое и механическую прочность опор. Многошарошечные долота применяют для бурения скважин большого диаметра (600мм и более). Долота различают также по геометрии наружной поверхности шарошек. Имеются долота с одно- и многоконусными шарошками, самоочищающегося и не самоочищающегося типа, со смещенными осями и без смещения осей. В долотах самоочищающегося типа зубчатый венец одной шарошки входит в углубление второй шарошки. Такая конструкция долота позволяет сделать шарошки большого диаметра и разместить в них более прочные опоры. Кроме того, самоочищающиеся долота хорошо работают в вязких, склонных к слипанию породах. В зависимости от условий применения выпускают зубчатые, зубчато-штыревые и штыревые долота. Зубчатые долота разрушение породы на забое скважины производят стальными зубьями, выфрезерованными в теле шарошек, штыревые долота – штырями из твердого сплава, запрессованными и впаянными в тело шарошек. Зубчато-штыревые долота представляют собой комбинированный инструмент. Их армируют штырями. Штыри для армирования выпускаются промышленностью трех форм: Г25, Г26, Г54. Для оснащения обратного конуса шарошек с целью предохранения конуса от интенсивного износа в процессе бурения применяют штыри формы Г54. Шарошки свободно вращаются на цапфах. На цапфе расположены беговые дорожки, на которых размещают ролики и шарики подшипников. Шарошки долот малого диаметра вращаются на подшипниках скольжения с одним шариковым замковым рядом. В шарошках долот большого диаметра предпочтение отдают роликовым подшипникам. В связи с этим схемы опор шарошечных долот имеют индексы. Отсчет ведут от основания цапфы (от наружного края долота). Промышленностью выпускается 13 типов трехшарошечных долот. Каждый тип долота предназначен для бурения пород с определенными свойствами. Для удобства клеймения и шифровки долот каждому заводу изготовителю присвоены условные обозначения: Бакинскому машиностроительному заводу им. С. М. Кирова - Б, Верхне-Сергинскому долотному заводу - В; Куйбышевскому долотному заводу - К; Сарапульскому машиностроительному заводу им. Ф. Э. Дзержинского – Д; Дрогобычскому долотному заводу - У; экспериментальному заводу ВНИИБТ-Н; Востокмашзаводу-Ш; Поваровскому опытному заводу - Р. Индексы ставят на долоте и в паспорте на него. Шифр долота также имеет дополнительные индексы, означающие способ удаления продуктов разрушения с забоя скважины: продувка сжатым воздухом или аэрированной жидкостью - П; гидромониторная промывка - Г. В шифре шарошечного долота первые цифры указывают конструктивную модель, буквы - завод-изготовитель, следующие цифры-диаметр долота в миллиметрах, последующими буквами обозначен тип долота. Затем ставят буквы, указывающие способ удаления продуктов разрушения. Пример шифровки долота ПР-214ОКП: П – количество шарошек; Р - индекс, присвоенный заводу-изготовителю (в данном примере Поваровскому опытному заводу); 214-диаметр шарошечного долота (мм); ОК - тип шарошечного долота; П-для бурения с продувкой воздухом. Введено Обозначение долот (по ГОСТ 20692-75): долота, выполненные с телами качения, имеют индекс В, на одном подшипнике качения - М, на двух и более подшипниках скольжения - А, с центральной продувкой - П, с боковой продувкой -ПГ, цифра П указывает количество шарошек. Пример обозначения: П-244,5 ОК-ПГВ - долото трехшарошечное, диаметром 244,5 мм, для особо крепких пород с боковой продувкой, подшипники с телами качения. Долота типа ОКП предназначены для бурения в особо крепких горных породах. Шарошки имеют большее число штырей, чем долота типа К. При увеличении диаметра долота увеличивают и диаметр штырей. Вылет штырей у долот типа ОК меньше, чем у долот типа К. В обратный конус шарошек запрессованы зубки из твердого сплава с плоской рабочей частью. Такое решение позволяет на более длительное время сохранить диаметр долота. Подвод воздуха к забою скважины у долот этого типа осуществляется через центральное

отверстие. Часть воздуха поступает в опоры шарошек, омывает подшипники и выходит наружу. Такое техническое решение улучшает охлаждение опор и предотвращает попадание шлама в подшипники долота.

Исходя из горно-геологических условий и технических характеристик буровых станков, подбирают шарошечное долото

3.5 Производительность бурильных установок и буровых станков

При обурировании породного массива выполняются следующие операции:

установка станка (установки) на заданной отметке (в нужном положении);

операция забуривания и бурения;

наращивание бурового става по мере углубления скважины (шпура);

разборка бурового става;

замена изношенного инструмента;

перемещение станка к отметке следующей скважины.

Сменная производительность бурового станка $v_{\text{бс}}$ (м/смену):

$$v_{\text{бс}} = \frac{T_c \cdot K_u}{t_b + t_e} = \frac{T_c \cdot K_u}{\frac{1}{v_T} + t_e},$$

где K_u – коэффициент использования станка по бурению в течении смены, для буровых станков обычно $K_u = 0,5 \dots 0,8$, t_b и t_e – удельные затраты времени соответственно на бурение и выполнение вспомогательных операций, мин/м; v_m – техническая скорость бурения, м/мин.

Время t_e на выполнение вспомогательных операций зависит от условий применения станка (установки) и может быть определена как сумма удельных затрат времени (мин/м):

$$t_b = \sum_{i=1}^n t_i,$$

где t_i – удельные затраты времени на переезд от скважины к скважине (от группы шпуров, буримых с одного места стояния бурильной установки) с учетом установки и снятия станка с домкратов, замену долота, подъем бурового става со скоростью v_n ; перехват гидропатрона; на сборку и разборку бурового става или навинчивания – развинчивания штанг (табл.1). Обычно для буровых станков $t_b \approx 2$ мин/м (сменная производительность при $K_u=0,75$ составляет 100...150 м). В лучшем случае, при достижении $t_b = 1$ мин/м сменная производительность при $K_u=0,75$ не превысит 200...300 м.

Таблица 1

Удельные затраты времени на операции бурения, мин

№ п/п	Наименование операции	Буровые станки	Бурильные установки	Прим.
1	переезд от скважины к скважине	0,3...1,5	0,2...0,5	
2	замену долота	1...10	0,5	
3	подъем бурового става	0,5...5	0,1...1,0	
4	перехват гидропатрона	0,2...2,0	----	
5	на сборку и разборку бурового става	0,5...5,0	0,2...2,0	

Техническая скорость бурения определяется конструкцией бурового инструмента, механизмами подачи и вращения, способом бурения и свойствами горных пород.

1. Для вращательного бурения (в т.ч. шнекового) коронками (м/ч):

$$v_T \approx \frac{P_{oc} \cdot n_{ep}}{4 \cdot 10^2 \Pi_{\beta}^2 D_{\kappa}^2},$$

где Π_{β} – показатель буримости горных пород; D_{κ} – диаметр коронки, м; n_{ep} – частота вращения бурового става, с⁻¹, P_{oc} - необходимое осевое усилие подачи инструмента, кН.

Осевое усилие подачи инструмента P_{oc} - должно быть больше напряжений, необходимых для разрушения (резания) породы:

$$P_{oc} \geq 5 \Pi_{\beta} F_{\kappa},$$

где F_{κ} – площадка затупления коронки. Обычно $F_{\kappa} = 0,5 \dots 4,0$ см².

Частота вращения бурового става должна быть достаточной для удаления шлама (измельченной горной породы):

$$n_{ep} \geq n_{\text{сп}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{(\sin \beta + \mu_1 \cos \beta) \cdot g}{\mu_2 r}},$$

где β - угол подъема частиц (наклона винтовой линии для шнека), μ_1 и μ_2 - коэффициенты трения породы о сталь става и породы стенки скважины; r – радиус шнека.

Если удаление шлама производится воздухом, то необходимый объем воздуха ($\text{м}^3/\text{мин}$) определяется: $W = 47v_n(D_{скв} - D_{штн})$,

где $D_{скв}$ и $D_{штн}$ – соответственно диаметр скважины (шпура) и диаметр буровой штанги, м^2 ; v_n – скорость восходящего потока воздуха в скважине, $\text{м}/\text{с}$

$$v_n = 963 \left(\frac{\gamma}{\gamma + 1095} \right) d_n^{0,5},$$

где γ – плотность шлама, $\text{т}/\text{м}^3$; d_n – приведенный (усредненный) диаметр частиц породы, м .

ЛЕКЦИЯ 4

Выемочно-погрузочные машины

- Область применения и классификация машин В-ПМ.
- Конструкция одноковшовых, многоковшовых и роторных экскаваторов.
- Рабочее оборудование экскаваторов.
- Особенности конструкций гидравлических экскаваторов.
- Расчет мощности подъемного, напорного, тягового и поворотного механизмов.
- Расчет устойчивости и производительности экскаваторов.

Выемочно-погрузочные работы — выемка из массива (развала или разрыхлённого слоя), перемещение и разгрузка горных пород в транспортные средства. Это один из основных технологических процессов на карьерах (удельный вес их в общих затратах на ОГР достигает 25%). Выемочно-погрузочные работы осуществляются в забоях, которыми в зависимости от типа машин служат горизонтальные поверхности разрабатываемого горизонта, торец заходки или откос уступа. Геометрические параметры забоев и заходок зависят от способа подготовки горной породы к выемочно-погрузочным работам, их технологии, параметров и расположения в забое выемочно-погрузочного и транспортного оборудования с учётом обеспечения безопасных условий работы и максимального экономического эффекта.

Классификация.

По назначению – карьерные и общего назначения;

По принципу действия – непрерывного и циклического;

Различают также по компоновке (прямая и обратная лопата), способу связи ковша (жесткой и гибкой) и его перемещения (канатный, реечный и гидравлический механизма напора), конструкции отдельных узлов и исполнительных механизмов, и технологическим параметрам.

Экскаваторы — землеройные машины, выполняющие копанье грунта и перемещение его в отвал или транспортные средства. По характеру работы различают экскаваторы циклического действия (одноковшовые) и непрерывного действия (многоковшовые либо бесковшовые, то есть не с ковшами, а с другими рабочими органами: скребками, резцами и тп.). Все операции (копанье, транспортирование грунта, разгрузку, возвращение ковша в забой) первые выполняют последовательно, а вторые - одновременно: в то время как один или несколько ковшей осуществляют копанье, другие - транспортируют грунт, третьи - разгружаются, четвертые движутся в забой.

Экскаваторы циклического действия универсальные, у них большие технологические возможности, шире диапазон различных видов выполняемых работ, они оборудуются большим числом сменных рабочих органов.

Экскаваторы непрерывного действия предназначены для проведения больших объемов однотипных сосредоточенных или линейных работ. В этом случае они более производительны и менее металлоемки.

Экскаваторы циклического действия (одноковшовые) по назначению делят на строительные - для земляных работ, погрузки и разгрузки сыпучих материалов; строительно-карьерные - они совмещают функции строительных и карьерных экскаваторов; карьерные - для добычи строительных материалов и полезных ископаемых открытым способом; вскрышные - для снятия верхнего слоя грунта или горной породы перед карьерной разработкой, туннельные и шахтные - для работы под землей при строительстве подземных сооружений и добыче полезных ископаемых. Одноковшовый экскаватор с одним или несколькими (три и более) видами рабочего оборудования называют соответственно специальным или универсальным (большинство выпускаемых экскаваторов - более 90 %).

К строительным относятся экскаваторы с ковшами вместимостью от 0,25 до 4 м³. Они разрабатывают грунты I..IV категорий. Эти экскаваторы - универсальные и имеют различные виды сменного оборудования как землеройного, так и другого назначения: для погрузочно-разгрузочных работ, монтажных, сваебойных, планировочных и др.

1. Одноковшовые:

- ЭО – универсальный экскаваторы для различных работ;
- ЭКГ – экскаватор карьерный на гусеничном ходу;
- ЭШ – экскаватор шагающий (драглайн);
- ЭГ и ЭГО - экскаватор карьерный гидравлический на гусеничном ходу;
- ЭДГ – гусеничный драглайн.

2. Многоковшовые:

- ЭР – роторные для вскрышных работ (модификация ЭРП – с повышенным усилием копания);
- ERs – цепной экскаватор гусеничный;
- Es - цепной экскаватор рельсовый.

Рабочий цикл экскаватора с прямой лопатой состоит из следующих операций:

- копания грунта (движение стрелы, рукояти и ковша);
- поворота на разгрузку (поворот платформы со всем рабочим оборудованием);
- разгрузки (открыванием днища ковша или поворотом ковша относительно рукояти);
- поворота в забой;
- опускания стрелы и рукояти с ковшом на подошву забоя.

ЭКСКАВАТОРЫ С КАНАТНЫМ НАПОРОМ

- ЭКГ-10 - базовая модель
- ЭКГ-8Ус - с удлиненным рабочим оборудованием
- ЭКГ-5У - с удлиненным рабочим оборудованием
- ЭКГ-15 - базовая модель
- ЭКГ-15 - на двухгусеничном ходу с ковшом 18м³
- ЭКГ-12УС - с удлиненным рабочим оборудованием
- ЭКГ-8У - с удлиненным рабочим оборудованием

Цифры в обозначении - вместимость ковша в м³, Ус - с удлиненным рабочим оборудованием и разгрузкой на уровне стояния.

Универсальные экскаваторы применяются для различных работ. Индекс ЭО-5122АС, например, расшифровывают так: экскаватор одноковшовый универсальный пятой размерной группы, на гусеничном ходовом устройстве, с жесткой подвеской рабочего оборудования, вторая модель, прошедшая первую модернизацию, в северном исполнении. Экскаватор оборудуется основным ковшом вместимостью 1,25 м³, соответствующим пятой размерной группе, и сменными вместимостью 1,6 и 2,0 м³.

Конструктивные особенности:

- элементы рабочего оборудования выполнены из высокопрочных сталей, гарантирующих безаварийную работу при больших динамических нагрузках;
- планетарные редукторы механизма поворота более компактны, имеют большую нагрузочную способность;
- кабельный барабан с автоматической подмоткой и размоткой кабеля сокращает технологическое время при переездах;
- система управления электроприводами обеспечивает оптимальные механические характеристики приводов с высоким КПД;.
- экскаваторы выпускаются для различных климатических условий эксплуатации.

ЭКСКАВАТОРЫ С РЕЕЧНЫМ НАПОРОМ

- ЭКГ-5А - базовая модель
- ЭКГ-5В - с ковшом активного действия
- ЭКГ-5Д - с дизель-электрическим приводом
- ЭКГ-4УС - с удлиненным рабочим оборудованием
- ЭКГ-12 - базовая модель
- ЭКГ-12В - с ковшом активного действия
- ЭКГ-ЭУс - с удлиненным рабочим оборудованием

ЭКГ-20А - базовая модель

ЭКГ-16УС - с удлиненным рабочим оборудованием

Цифры в обозначении - вместимость ковша в м³, Ус - с удлиненным рабочим оборудованием и разгрузкой на уровне стояния

Конструктивные особенности:

- речный напорный механизм с двухбалочной рукоятью и цельносварной стрелой коробчатого сечения обеспечивает лучшую отработку тяжелых скальных забоев крупнокусковой или плохо взорванной горной массы;

- ковш сварно-литой с клиновым самозатягивающимся креплением зубьев. Свободно падающее днище ковша с широко расставленными петлями, исключают динамический контакт с рукоятью

- тормоза основных механизмов колодочного типа с пневматическим приводом для растормаживания;

- основные металлоконструкции экскаватора изготавливаются из легированной стали, стрела и рукоять - из высокопрочной стали;

- экскаваторы оборудованы кабельным барабаном вместимостью питающего кабеля 250 м;

- главные механизмы экскаватора имеют индивидуальный регулируемый привод постоянного тока и цифровую систему управления;

- автоматическая система смазки сокращает до минимума затраты на техническое обслуживание экскаватора в процессе эксплуатации.

Новая концепция в экскаваторостроении ИЗ – КАРТЭКС (Группа ОМЗ)

- Погрузка 3-4 ковшами
- Соответствие рабочих параметров машин параметрами забоя
- Качество и надёжность машин
- Встроенная информационная система
- Экскаваторы д.б. оптимизированы для работы в комплексе ЭАК (приняты типоразмеры автосамосвалов БелАЗ):

Гидравлические “прямые” и “обратные” лопаты используются на открытых горных работах для отработки забоев, где требуется преимущественно селективная выемка полезных ископаемых; для разработки обводненных забоев; на прокладке дренажных траншей. Благодаря особой кинематике рабочего оборудования, экскаваторы оснащенные “обратной лопатой”, имеют расширенный диапазон технологических возможностей. Эти машины способны разрабатывать породу ниже уровня стояния и более высокие уступы, что увеличивает их рабочую зону. Наибольшая производительность экскаватора достигается при погрузке в самосвалы, расположенные ниже уровня стоянки экскаватора, за счет уменьшения угла поворота и высоты подъема ковша.

Экскаваторы с гидравлическим приводом составляют большую часть выпускаемых в настоящее время в СНГ одноковшовых строительных экскаваторов. Их параметры регламентированы. По сравнению с механическими экскаваторами при равной мощности двигателя гидравлические имеют приблизительно на 30 % меньшую металлоемкость и на 30 % более высокую производительность. Объясняется это меньшей металлоемкостью гидрообъемного привода по сравнению с механическим. Кроме того, гидрообъемный привод обеспечивает принудительное перемещение рабочего оборудования в любом направлении с заданными скоростями, большое количество основных и вспомогательных движений рабочего оборудования, большие углы поворота элементов рабочего оборудования, что позволяет не только повысить производительность, но и расширить технологические возможности.

Приблизительно 90 % всех гидравлических экскаваторов выпускают с рабочим оборудованием обратная лопата. Стрелу этих экскаваторов выполняют моноблочной либо составной. К ней шарнирно крепят рукоять, а к последней — ковш. Все элементы поворачиваются гидроцилиндрами. На гидравлический экскаватор можно устанавливать и грейферный ковш.

До 6 % гидравлических экскаваторов изготавливают с телескопическим рабочим оборудованием. Такие экскаваторы более универсальны, могут производить планировку откосов, зачистку дна, стенок котлованов и пр. На поворотной платформе шарнирно прикреплена телескопическая стрела, элементы которой выдвигаются гидроцилиндрами. Последняя секция стрелы может поворачиваться относительно своей продольной оси.

Гидравлические экскаваторы можно использовать как манипуляторы при оборудовании их различного рода захватами. При навешивании на рабочее оборудование гидро- либо

пневмомолотов экскаваторы применяют для уплотнения дна котлована и разработки мерзлых грунтов.

Экскаватор-драглайн обычно разрабатывает грунты ниже уровня стоянки и даже под водой. Его используют и для устройства глубоких выемок, так как глубина копания ограничена не размерами рабочего оборудования, а канатовместимостью барабанов.

Драглайн оборудуют решетчатой стрелой, шарнирно закрепленной на поворотной платформе. Стрела удерживается и поворачивается при помощи барабана и каната (полиспасты на схеме не показаны). Ковш драглайна снабжен аркой и подвешен на подъемном и тяговом канатах, которые наматываются на барабаны. Канаты крепятся к ковшу цепями. Тяговый проходит через механизм наводки (систему направляющих блоков и (или) роликов). На подъемном канате закреплен блок, который огибается разгрузочным канатом, один конец последнего закреплен на арке ковша, а другой - на тяговом канате. Работу с оборудованием драглайн осуществляют следующим образом. Наматывая на барабан подъемный канат, поднимают ковш вверх. Если при этом притормаживается барабан тягового каната, то ковш перемещается вдоль стрелы. В верхнем положении ковша при расторможении барабана ковш подобно маятнику отклонится от стрелы. Растормозив подъемный и тяговый барабаны, можно забросить ковш, то есть увеличить радиус копания. При падении ковш ударяется аркой и опрокидывается на днище. При наматывании тягового каната на барабан ковш драглайна скользит по грунту, производя копание подобно ковшу скрепера. Эту операцию выполняют обычно снизу вверх, но можно и в горизонтальной плоскости. В конце копания, когда ковш наполнится, его поднимают, наматывая подъемный канат на барабан и притормаживая тяговый барабан. При этом натягиваются как тяговый, так и разгрузочный канаты, что предотвращает опрокидывание ковша и его разгрузку. Затем производят поворот на выгрузку. Разгрузку осуществляют поворотом ковша при растормаживании тягового барабана

Многоковшовые экскаваторы непрерывного действия

Различают роторные и цепные:

Полноповоротные и неповоротные экскаваторы;

Продольного, поперечного и радиального копания;

Выдвижная и не выдвижная стрелы (рамы);

Прямой и не прямой погрузки;

Способу перемещения;

Одно и двух порталные;

Системам противовесов;

Механизм подъема – канатный и объемный гидропривод;

и др.

ЭРШР – экскаватор роторный, шагающе-рельсовое ходовое оборудование. В конце индекса могут быть применены буквы Д – добычной и П – с повышенным сопротивлением копанию.

Основное оборудование гусеничных роторных экскаваторов НКМЗ

Ковш(и)

Стрела (ковшовая рама)

Надстройка

Механизм подъема

Поворотный механизм

Поворотная платформа

Механизм перемещения

Металлоконструкции

Привод

Система управления

Подвеска стрелы

Перегружатели

и др.

ЛЕКЦИЯ 5 -6

Выемочно-транспортирующие машины Краткое содержание темы (Опорный Конспект)

Выемочно-транспортным машинам одновременно с отделением горных пород от массива перемещают (транспортируют ее). Рабочий орган движется за счет развиваемого машиной тягового усилия или усилия, создаваемого тягачём (толкателем). Разработка пород осуществляется слоями толщиной от нескольких сантиметров, до 1...2 метров.

Рабочие органы машин осуществляют отделение элементов грунта от массива, их накопление, перемещение, отсыпку, разравнивание, уплотнение. Перед началом земляных работ проводят подготовительные работы по очистке территории от растительности и валунов, рыхлению прочных грунтов

Машины и оборудование, которое применяется на открытых горных работах, различаются по типу рабочего органа ножевого типа и ковшового типа и по назначению (технологический признак): ДЗ (земляные) землеройно-транспортные (бульдозеры, скреперы, грейдеры, автогрейдеры и грейдер-элеваторы), ДП (подготовительные) кусторезы, корчеватели, рыхлители, гидромолоты), ТО (Погрузочные - ковш.погрузчики).

Рабочее оборудование выполняется в виде либо навесного, либо полуприцепного к базовым гусеничным и колесным тягачам (тракторам).

Преимущества ВТМ – универсальность по характеру выполняемых работ, возможность использования на различных карьерах со сложноструктурными и многокомпонентными ПИ, мобильны и маневренны.

Например, по сравнению с экскаваторами фронтальные погрузчики имеют меньшую массу, энергоёмкость и длительность цикла. При одинаковой с экскаватором производительности (на 1м³ ковша) имеют массу в 8-10 и стоимость в 3...4 раза меньше.

На 1 т массы машины производительность, м³/ч составляет:

скрепер на 1м³ и плече 400м.....2-5

(расход энергии кВт.ч на 1м³ - 2-2,5, общая себестоимость в 3-4 раза меньше, чем у экскаваторно-автомобильного комплекса);

бульдозер4-6;

грейдер и струг.....10-12.

Классификация ВТМ

1. По типу машины, создающей тяговое усилие – самой машиной или тягачем (толкателем).
2. По типу рабочего органа – ножевого типа – бульдозеры, скреперы, струги, грейдеры; и ковшового типа – скреперы, погрузчики, элеваторы.
3. По способу установки рабочего органа – навесное, полуприцепное и прицепное.
4. По конструкции ходовой части – колесное и гусеничное.

Буквы в индексе машины обозначают группу машин, а цифры – порядковый номер модели машины.

Производительность машин, усилия, возникающие на их рабочих органах, и энергоёмкость процессов в значительной мере определяются свойствами разрабатываемого грунта, видом работ, условиями и характеристиками машины: эксплуатационная м³/ч: $Q_0 = 3600 V k_b / T_c$. (Вместимость, коэф использ, длит. цикла)

Преимущества ВТМ – универсальность по характеру выполняемых работ, возможность использования на различных карьерах со сложноструктурными и многокомпонентными ПИ, мобильность и маневренность.

По сравнению с экскаваторами фронтальные погрузчики имеют меньшую массу, энергоёмкость и длительность цикла. При одинаковой с экскаватором производительности (на 1м³ ковша) имеют массу в 8-10 и стоимость в 3...4 раза меньше.

Трактор – самоходная машина на гусеничном или пневмоколесном ходу, предназначенная для длительных работ (70...80%) в тяговом (силовом) режиме

Различаются по назначению – сельскохозяйственные, общего и промышленного назначения. Характеризуются *тяговым классом* – максимально свободной силой тяги на крюке (без навесного оборудования) при нормативной скорости движения.

Тяговый класс, кН

Гусеничные 60,100,150,250,350,500,700,1000: колесные 9,14,30,50,100,350, 550, 750.

Скорость тракторов, км/ч: гусеничные Пром 2-5, С/Х 5-7; колесные Пр5-10, С/Х8-15.

Тягач – самоходная машина, чаще на пневмоколесном ходу, предназначенная для длительной работы (70...90%) в транспортном режиме

Различаются по *мощности силовой установки*: малой - до 110 кВт
 средней - 120 ...220 кВт; большой - 220...350кВт; очень большой более 400 кВт.

по числу приводных осей (мостов): одно, двух и трехосные.

Специальное шасси – самоходная машина (обычно пневмоколесная), выполненная из серийно выпускаемых агрегатов (автомобиля, трактора или тягача), имеющая раму специальной конструкции, обеспечивающую установку специализированного оборудования. Например как у погрузчика, бульдозера, скрепера). В зависимости от его конструкции и назначения может иметь режимы работы и классификационные признаки как трактора, так и тягача.

Области применения ВТМ

Тип машины	Характер работы	Категория пород	Расстояние транспортирования, м
Бульдозер	послойная разработка	I-IV, скальная разрыхленная	50-150
Бульдозер-толкатель	как скрепер или с др. навесным оборудованием	То-же	То-же
Рыхлители (на тракторах тяг. класса от 100кН)	послойное разрыхление мерзлых и скальных пород	IV – VIII, с прочн. до 90 МПа	нет
Бульдозерно-рыхлительные агрегаты	Комплексная механизация землеройных работ (без БВР)	до X	до 10-15 м (бульдозером, плугом)
Скреперы	Послойная разработка пород, транспорт на отвалы, укладка	I-IV	одновигательные 2...4 км; 2-х двигательный - до 6 км
Погрузчики ковшовые	Дорожные работы, погрузка в АТ или ЖД, разрыхление горной массы, транспортирование	Любая с $f < 20$, предварительно разрыхленная	До 500
Автогрейдеры	Послойная разработка при строительстве дорог и работ по их содержанию	I-IV	До 200 при очистке, формированию
Грейдеры-элеваторы	Послойная разработка и недалекое транспортирование	I-IV	10-25

По виду ходового устройства бульдозеры бывают гусеничные и пневмоколесные. Большее распространение получили гусеничные бульдозеры, поскольку при одинаковом весе машин они имеют большее тяговое усилие и у них меньше давление на грунт. Однако гусеничные бульдозеры имеют низкие транспортные скорости, требуют больших затрат времени и средств на переброску с объекта на объект.

По системе управления рабочим органом бульдозера — отвалом различают бульдозеры канатно-блочные и гидравлические. Выпускают в основном гидравлические бульдозеры, которые обеспечивают принудительное заглубление отвала, имеют меньшую металлоемкость и более высокую производительность. Широкое использование бульдозеров определяется простотой их конструкции, надежностью, экономичностью в эксплуатации, универсальностью.

Главный параметр бульдозеров — тяговое усилие. Различают бульдозеры с тяговым усилием свыше 300, 200...300, 135... 200, 25 ...135 и до 25 кН.

Различают две разновидности бульдозеров — неповоротные и универсальные. Наибольшее распространение получили бульдозеры неповоротные гусеничные гидравлические. У этих машин отвал всегда установлен под прямым углом к их продольной оси (в плане). К базовому трактору шарнирно прикреплены толкающие брусья, а к последним — рабочий орган бульдозера — отвал.

Бульдозеры - рыхлители трехзвенные, параллелограммные нерегулируемые и параллелограммные регулируемые.

Колесный скрепер - Землеройно-транспортная машина, которая служит для разработки грунтов I...IV категорий и транспортировки их на расстояние 0,5 ...5,0 км. Рабочий орган — ковш. Главный параметр скрепера - вместимость ковша. Различают скреперы малой (до 3 м³), средней (3...10 м³) и большой (свыше 10 м³) вместимости. Наиболее крупные скреперы имеют вместимость ковша 15, 25, 40 м³.

По мобильности скреперы делят на прицепные к гусеничным и пневмоколесным тягачам; полуприцепные, когда часть веса ковша передается на тягач; самоходные, когда тягач без ковша перемещаться не может (с одноосным тягачом). По способу разгрузки скреперы подразделяют на машины со свободной разгрузкой, когда ковш опрокидывается, высыпая грунт; с полупринудительной разгрузкой, когда боковые стенки ковша остаются неподвижными, а днище и задняя стенка поворачиваются, выталкивая грунт; с принудительной разгрузкой, когда задняя стенка принудительно перемещается вперед, выталкивая грунт из ковша.

По способу загрузки ковша различают скреперы с загрузкой за счет тягового усилия и с принудительной загрузкой при помощи скребкового элеватора.

Особенно эффективны скреперы с элеваторной загрузкой при копании малопрочных сыпучих грунтов. Их недостатки — повышенная металлоемкость, меньшая надежность, залипание элеватора на переувлажненных грунтах. Наполненный ковш закрывают, опуская переднюю заслонку или элеватор, поднимают и транспортируют. Разгрузку осуществляют обязательно при движении скрепера. При этом открывают ковш, поднимая переднюю заслонку или элеватор, и выталкивают выдвигающейся задней стенкой содержимое ковша.

Применение двухмоторных скреперов и скреперов с мотор-колесами позволяет повысить их тяговые усилия. У первых за ковшом установлен дополнительный ДВС, которым управляют дистанционно из кабины оператора. Вторые имеют дизель-электрическую или дизель-гидравлическую трансмиссию. Исполнительные гидро- или электродвигатели вместе с редукторами смонтированы на колесах. Чтобы легче заполнять ковш грунтом, применяют телескопические ковши и ковши с двухщелевой загрузкой.

Скреперы широко используют для разработки, транспортирования и укладки грунта в искусственные сооружения или в отвал с последующим разравниванием, планированием и частичным уплотнением (при проезде скрепера по отсыпанному грунту). Возможность выполнения законченного цикла работ позволяет широко применять скреперы при строительстве дорог, выравнивании полей, разработке карьеров, строительстве гидротехнических и ирригационных сооружений в промышленном, гражданском и сельском строительстве.

Погрузчики по сравнению с экскаваторами имеют существенные преимущества:

- высокая маневренность, позволяющая производить работы в стесненных условиях, например погрузку, где применить экскаватор невозможно;
- большая скорость движения, значительно превышающая скорость движения экскаваторов, что дает преимущества при погрузке и транспортировании;
- применение ковша совкового типа, поворачивающегося вокруг горизонтальной оси сокращает разубоживание полезного ископаемого и потери времени;
- одновременное обслуживание нескольких забоев;
- высокая универсальность – работа на отвалах, складах, в забое, и др.

МАШИНЫ ДЛЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Подготовительные работы заключаются в очистке строительной площадки от леса и кустарника, камней, строений им строительного мусора, корчевке пней, рыхлении горных пород, мерзлых и прочных грунтов.

При выполнении земляных работ рабочие органы машин осуществляют отделение элементов грунта от массива, их накапливание, перемещение, отсыпку, разравнивание, уплотнение. Перед началом земляных проводят подготовительные работы по очистке территории от растительности и валунов, рыхлению прочных грунтов.

Производительность машин, усилия, возникающие на их рабочих органах, и энергоемкость процессов в значительной мере определяются свойствами разрабатываемого грунта. Грунты - сложные дисперсные среды, содержащие твердую фазу - минеральные частицы, жидкую - воду, газообразную - воздух. При отрицательной температуре в состав грунта входит лед. Грунты классифицируют по гранулометрическому составу, который упрощенно характеризуется содержанием глинистых частиц (размером менее 0,005 мм). При содержании глинистых частиц до 3 % -это песок, при содержании глинистых частиц 3...10% — супесь, 10... 30 % — суглинок, более 30 % — глина.

Для выполнения земляных работ различают следующие машины: для подготовительных работ (кусторезы, корчеватели, рыхлители, гидромолоты т. д.); землеройно-транспортные (бульдозеры, скреперы, грейдеры, автогрейдеры и грейдер-элеваторы); для гидравлической разработки грунта (гидромониторы и землесосы рассмотрены в разделе 7 «Гидромеханизация»); для разработки мерзлых грунтов; для уплотнения грунтов

КУСТОРЕЗЫ

Предназначены для срезания кустарника и деревьев с наибольшим диаметром стволов (20...40 см). Бывают кусторезы ножевые и фрезерные. Наиболее широко используют ножевые. Кусторез представляет собой гусеничный трактор, на котором навешено рабочее оборудование. Ходовые тележки трактора шарнирно соединены с П-образной рамой, которую можно поднимать и опускать гидроцилиндрами. К ней при помощи сферического шарнира прикреплен рабочий орган кустореза — клиновидный отвал. На его нижней части имеются ножи, чаще с пилообразной режущей кромкой. За отвалом установлены лыжи, ограничивающие заглубление отвала. Центральная часть отвала имеет дополнительное усилие. Для защиты машины от падающих деревьев предусмотрено ограждение. При работе отвал кустореза опускают на грунт, машина передвигается вперед, срезая кустарник и мелкие деревья и отодвигая их в стороны. В зависимости от условий работы проводят один или несколько проходов по одному следу. При коротких захватках работу осуществляют челночным способом без разворотов. При большой длине расчищаемой площадки машина работает с разворотами. Производительность ножевых кусторезов 11000...14000 м²/ч при средней скорости движения 3...4 км/ч и ширине захвата до 3,6 м.

КОРЧЕВАТЕЛИ (корчеватели-собиратели)

Используют для извлечения из грунта (корчевания) пней диаметром до 0,45 м, камней массой до 3000 кг, корневых систем, кустарников, мелких деревьев и транспортирования их в пределах подготавливаемой площадки. Корчеватели выполняют на базе трактора. Рабочий орган — решетчатый или сплошной отвал, нижняя часть которого имеет зубья. Зубья корчевателя заглубляют в грунт и при передвижении заводят под камень или пень, а затем, поднимая рабочее оборудование, их выкорчевывают. Корчеватели навешивают на гусеничные тракторы тягового класса 30...350, мощность 50...390 кВт. За 1 ч выкорчевывают 45 ...55 пней, убирают 15...20 м³ камней, сгребают срезанные деревья, кустарники, выкорчеванные пни и камни с площади 2500...4000 м².

РЫХЛИТЕЛИ

Служат для послойного рыхления прочных и мерзлых грунтов с последующей их разработкой другими типами машин. Рыхлители обычно выполняют как навесное оборудование, размещаемое в задней части гусеничного трактора. Разрушение пород и грунтов происходит при поступательном движении машины и одновременном принудительном заглублении стоек до заданной отметки. В процессе рыхления каждая стойка разрабатывает канавку, расширяющуюся в верхней части, при этом массив грунта разделяется на куски (глыбы), которые затем разрабатываются, транспортируются и грузятся другими машинами.

По конструкции навесного устройства различают рыхлители трехзвенные, параллелограммные нерегулируемые и параллелограммные регулируемые. В любом случае к корпусу заднего моста трактора жестко прикреплена рама, шарнирно соединенная с поворотным элементом. В трехзвенных рыхлителях к этому элементу приварена поперечная балка. У параллелограммных рыхлителей она имеет шарнирное соединение и дополнительно крепится у нерегулируемых рыхлителей тягой, у регулируемых - гидроцилиндрами.

Гидроцилиндры служат для подъема и опускания поперечной балки. На ней смонтированы корпуса, в которых установлены рыхлящие стойки. На одном рыхлителе может быть от одной до пяти рыхлящих стоек (в зависимости от конструкции). Корпуса часто крепят к поперечной балке при помощи вертикальной оси.

При работе рыхлителя, когда стойка защемлена в грунте, а одна из гусениц пробуксовывает, это уменьшает поперечные и скручивающие нагрузки на стойку. На стойках имеются сменные наконечники, изготавливаемые из материала, стойкого к абразивному износу. Наиболее простая — трехзвенная схема, наиболее сложная — параллелограммная регулируемая. Однако при заглублении стоек угол резания в трехзвенной схеме изменяется, а в параллелограммной остается постоянным. В параллелограммной регулируемой его можно изменять из кабины оператора гидроцилиндрами. Это повышает производительность рыхлителей.

Бульдозеры

Из всех ВТМ наиболее широко применяют бульдозеры: для разработки и перемещения грунтов I...IV категорий; предварительно разрыхленных скальных и мерзлых грунтов; для планировки строительных площадок; возведения насыпей дамб, отвалов; разработки выемок и котлованов, обратной засыпки траншей и котлованов, расчистки территорий от снега, камней, кустарника, пней, мелких деревьев и строительного мусора.

По виду ходового устройства бульдозеры бывают гусеничные и пневмоколесные. Большее распространение получили гусеничные бульдозеры, поскольку при одинаковом весе машин они имеют большее тяговое усилие и у них меньше давление на грунт. Однако гусеничные бульдозеры имеют низкие транспортные скорости, требуют больших затрат времени и средств на переброску с объекта на объект.

По системе управления рабочим органом бульдозера — отвалом различают бульдозеры канатно-блочные и гидравлические. Выпускают в основном гидравлические бульдозеры, которые обеспечивают принудительное заглубление отвала, имеют меньшую металлоемкость и более высокую производительность. Широкое использование бульдозеров определяется простотой их конструкции, надежностью, экономичностью в эксплуатации, универсальностью.

Главный параметр бульдозеров — тяговое усилие. Различают бульдозеры с тяговым усилием свыше 300, 200...300, 135... 200, 25 ...135 и до 25 кН.

Различают две разновидности бульдозеров — неповоротные и универсальные. Наибольшее распространение получили бульдозеры неповоротные гусеничные гидравлические. У этих машин отвал всегда установлен под прямым углом к их продольной оси (в плане). К базовому трактору шарнирно прикреплены толкающие брусья, а к последним — рабочий орган бульдозера — отвал.

Бульдозер работает следующим образом. При движении трактора на первой передаче при полной подаче топлива включают опускание отвала. Отвал касается грунта, передняя часть трактора приподнимается, до 50% веса трактора передается на отвал и последний интенсивно заглубляется. При копании связных грунтов срезаемая стружка скользит по отвалу и в верхней своей части обрушивается вперед, образуя призму волочения. Часть призмы волочения совершает вращательное движение вместе со стружкой. При этом на поверхности призмы происходят осыпания грунта, часть грунта высыпается за пределы отвала. Поверхность грунта, перемещаемого отвалом, приближается к конической. При копании несвязных грунтов (песков, супесей) стружка не образуется, а грунт перед отвалом перемещается за счет последовательных сдвигов. После набора призмы волочения, когда ее высота достигнет высоты отвала, копание прекращают и осуществляют перемещение грунта. При копании и перемещении часть грунта из призмы волочения теряется в торцовых частях отвала, образуя боковые валики. Это ограничивает экономически эффективную дальность транспортировки грунта расстоянием до 100 м.

Рабочий цикл бульдозера состоит из копания грунта, его транспортирования, разгрузки и возвращения машины в забой. Скорость бульдозера при копании составляет 2,5 ...4,0 км/ч. Ее увеличение при ручном управлении не приводит к повышению производительности, так как оператор не успевает регулировать высоту положения отвала.

Транспортировать грунт целесообразно на возможно более высокой скорости, принимая при этом меры по уменьшению потерь грунта. Разгружать грунт бульдозерами можно двумя способами.

Разгрузка с послойным разравниванием проводится следующим образом. В конце транспортирования отвал приподнимают на 15...20 см и, продолжая движение, отсыпают грунт ровным слоем либо, быстро подняв отвал, проезжают 1,0...1,5 м, затем, опустив отвал и двигаясь задним ходом, проводят разравнивание.

Местная отсыпка без разравнивания осуществляется быстрым подъемом отвала и применяется при укладке грунта слоем большой толщины. В забой бульдозер возвращается на максимальной скорости. При дальности транспортировки до 50 м это делают задним, ходом, при большей дальности — передним ходом с разворотом машины.

Бульдозерами можно выполнять все виды подготовительных работ. Повысить производительность бульдозеров позволяют следующие эксплуатационные приемы: резание и транспортирование грунта под уклон; при этом снижаются сопротивления перемещению призмы волочения и самого бульдозера, часть веса бульдозера прибавляется к силе тяги, что позволяет увеличивать толщину срезаемой стружки и объем призмы волочения; увеличение производительности бульдозера при работе под уклон составляет (в процентах) при уклоне 2% - 5...7; 3%- 10... 12; 5%- 15...20; 10%-25...30; 20%-60...70; уменьшение числа разворотов бульдозера; например, перемещение грунта в траншею глубиной 40 ...60 см при боковых валиках высотой

20...25 см позволяет повысить производительность на 10...15% в результате увеличения объема призмы волочения; перемещение грунта с промежуточной отсыпкой; при этом грунт транспортируется на часть длины и отсыпается; при последующих проходах он подбирается и транспортируется дальше; эффект достигается за счет того, что все время перемещается большая призма волочения; установка на отвале открьлков и уширителей при работе на легких сухих грунтах; спаренная работа двух бульдозеров; при этом объем перемещаемого грунта на 10...15 % превышает суммарный объем двух отдельных призм волочения; расстояние между отвалами не должно превышать 0,3 м для легких грунтов и 0,5 м — для тяжелых; сложность заключается в необходимости обеспечения синхронной работы двух машин, поэтому такой способ целесообразно применять не при разработке, а при транспортировании грунта (либо на легких грунтах).

Бульдозеры неповоротные могут оснащаться сменными рабочими органами: вилами для подъема и перемещения штучных грузов; зубьями на отвале для разработки прочных материалов; крюковой подвеской на отвале и др. Это расширяет их технологические возможности.

Универсальные бульдозеры разрабатывают и перемещают грунт вперед и в сторону. Их отвал можно устанавливать под углом от 90 до 60° к продольной оси машины (в плане). Эти бульдозеры сложнее по конструкции и более металлоемкие. Отвал прикреплен сферическим шарниром к П-образной раме и удерживается дополнительно подкосами. Подкосы можно переставлять, изменяя угол установки отвала в плане. При помощи винтовых тяг можно изменять угол резания.

Отвал поднимается и опускается гидроцилиндрами. Существуют и такие универсальные бульдозеры, у которых угол установки отвала в плане можно изменять из кабины оператора гидроцилиндрами. Универсальные бульдозеры более производительны при обратной засыпке, планировочных работах, очистке площадок от мусора и снега и работают в режиме машин непрерывного действия.

Отвал представляет собой сварную конструкцию, содержащую лобовой лист цилиндрического профиля, усиленный с тыльной стороны коробами и ребрами жесткости. На верхней части отвала имеется козырек, предотвращающий пересыпание грунта через отвал и предохраняющий штоки гидроцилиндров от повреждения. На нижней части отвала, которая интенсивно изнашивается, монтируются сменные ножи.

В современных бульдозерах предусматривают поперечный перекоп отвала на угол до 12° и регулировку угла резания, что осуществляют гидроцилиндрами. Обычно среднее значение угла резания составляет 55°. При работе бульдозер срезает и перемещает грунт. В начале копания целесообразно быстро заглубить отвал, это удобнее сделать при большем угле резания. Копание и перемещение грунта эффективнее проводить при меньшем угле резания.

При горизонтальном расположении отвала тяговое усилие распределяется по всей его длине. При поперечном перекопе отвала вырезается треугольная стружка. Это позволяет сконцентрировать все тяговое усилие бульдозера на меньшей площади и разрабатывать более прочные грунты. Кроме того, перекоп отвала необходим в начале копания на косогорах. Если все шарниры бульдозера выполнены универсальными, перекоп отвала можно осуществить изменением длины одного из гидроцилиндров при постоянной длине другого гидроцилиндра (обычно на бульдозере устанавливают два гидроцилиндра и два гидроцилиндра, по одному с каждой стороны трактора).

Колесный скрепер

Землеройно-транспортная машина, которая служит для разработки грунтов I...IV категорий и транспортировки их на расстояние 0,5 ...5,0 км. Рабочий орган — ковш. Главный параметр скрепера - вместимость ковша. Различают скреперы малой (до 3 м³), средней (3...10 м³) и большой (свыше 10 м³) вместимости. Наиболее крупные скреперы имеют вместимость ковша 15, 25, 40 м³.

По мобильности скреперы делят на прицепные к гусеничным и пневмоколесным тягачам; полуприцепные, когда часть веса ковша передается на тягач; самоходные, когда тягач без ковша перемещаться не может (с одноосным тягачом). По способу разгрузки скреперы подразделяют на машины со свободной разгрузкой, когда ковш опрокидывается, высыпая грунт; с полупринудительной разгрузкой, когда боковые стенки ковша остаются неподвижными, а днище и задняя стенка поворачиваются, выталкивая грунт; с принудительной разгрузкой, когда задняя стенка принудительно перемещается вперед, выталкивая грунт из ковша.

По способу загрузки ковша различают скреперы с загрузкой за счет тягового усилия и с принудительной загрузкой при помощи скребкового элеватора.

На одноосном тягаче выполнено тягово-цепное устройство, в котором закреплена рама, К раме шарнирно присоединен ковш с днищем и боковыми стенками. На днище закреплены сменные ножи. Ковш поднимают и опускают одним или двумя гидроцилиндрами. Спереди ковш закрывается передней заслонкой, которая может поворачиваться двумя гидроцилиндрами. Задняя стенка ковша выдвигается гидроцилиндрами. К ковшу прикреплены пневмоколесная ось и буфер. При копании скрепер движется вперед. Ковш опущен гидроцилиндрами, передняя заслонка приподнята так, что между нею и ковшом образовалась щель, ножи врезаются в грунт. При копании связных грунтов ножи срезают грунт, образующаяся стружка скользит в ковш, заполняя сначала его заднюю часть, а затем переднюю. Последняя порция грунта проталкивается сквозь грунт, заполнивший ковш, поэтому стружка должна обладать достаточной прочностью. В этот момент необходимо наибольшее усилие, однако часть тягового усилия тратится на перемещение груженого ковша. Время заполнения ковша невелико по сравнению со временем транспортировки, разгрузки и возвращения в забой, но именно процесс заполнения определяет производительность скрепера. В связи с этим всегда надо заполнять ковш с "шапкой". Для этого используют бульдозеры-толкачи, которые в процессе копания толкают ковш, упираясь отвалом в буфер, либо работы выполняют по спаренной схеме, когда два тягача заполняют по очереди сначала один ковш, а потом другой. Из тех же соображений целесообразно применять скреперы с элеваторной загрузкой. В этом случае на ковше вместо передней заслонки закреплен скребковый элеватор.

Процесс копания имеет следующие отличия. Тяговое усилие, ограниченное сцепным весом тягача или мощностью его двигателя, затрачивается только на перемещение ковша и срезание стружки, а перемещение стружки внутри ковша осуществляется элеватором. В этом случае ковш заполняется с "шапкой" без избыточного тягового усилия в конце копания и при любой прочности стружки.

Особенно эффективны скреперы с элеваторной загрузкой при копании малопрочных сыпучих грунтов. Их недостатки — повышенная металлоемкость, меньшая надежность, залипание элеватора на переувлажненных грунтах. Наполненный ковш закрывают, опуская переднюю заслонку или элеватор, поднимают и транспортируют. Разгрузку осуществляют обязательно при движении скрепера. При этом открывают ковш, поднимая переднюю заслонку или элеватор, и выталкивают выдвигающейся задней стенкой содержимое ковша.

Применение двухмоторных скреперов и скреперов с мотор-колесами позволяет повысить их тяговые усилия. У первых за ковшом установлен дополнительный ДВС, которым управляют дистанционно из кабины оператора. Вторые имеют дизель-электрическую или дизель-гидравлическую трансмиссию. Исполнительные гидро- или электродвигатели вместе с редукторами смонтированы на колесах. Чтобы легче заполнять ковш грунтом, применяют телескопические ковши и ковши с двухщелевой загрузкой.

Скреперы широко используют для разработки, транспортирования и укладки грунта в искусственные сооружения или в отвал с последующим разравниванием, планированием и частичным уплотнением (при проезде скрепера по отсыпанному грунту). Возможность выполнения законченного цикла работ позволяет широко применять скреперы при строительстве дорог, выравнивании полей, разработке карьеров, строительстве гидротехнических и ирригационных сооружений в промышленном, гражданском и сельском строительстве.

Определение производительности бульдозера Условия применения бульдозеров

Конструктивно бульдозер представляет собой гусеничный или, реже, колёсный трактор, в передней части которого посредством толкающей рамы укреплен бульдозерный отвал - рабочий орган, управляемый от гидросистемы базовой машины.

Главным параметром бульдозера является тяговое усилие, развиваемое им по условиям сцепления трактора с грунтом:

$$F_{\text{от}} = 1000 \cdot P \cdot \Psi, \text{ Н}$$

Где P - полный вес бульдозера, кН; Ψ - коэффициент сцепления гусениц (колёс) с грунтом.

Без предварительного рыхления бульдозерами проходят выработки в породах до IV класса крепости по шкале ЕНВ. Разработка сухих пород наиболее эффективна. Эффективность резко падает при разработке переувлажнённых и мягких пород. Работа бульдозера в сочетании с предварительным рыхлением при отрицательных температурах воздуха особенно эффективна в условиях обеспечения непрерывности выполнения работ, когда разрыхлённый слой породы не успевает смерзаться.

При работе бульдозеров на косогоре возможна потеря его устойчивости, которая может привести к скольжению машины или её опрокидыванию. Поэтому запрещается применение землеройно-транспортных машин на склонах с углами, превышающими значения, указанных в их инструкциях по эксплуатации.

Применение бульдозеров на проходке открытых горных выработок в значительной мере зависит от технологии проходки. В частности, при проведении выработок в мерзлых отложениях с механическим рыхлением, применение бульдозеров эффективно при годовых объемах работ до 40 тысяч м³ и средней.

Производительность бульдозера в большой степени зависит от способа работы. Практикой установлено, что производительность бульдозера уменьшается на 40—50% при работе на подъеме, равный 10°. Чаще всего путь, за который бульдозер набирает грунт впереди отвала, составляет 5 - 7 м, а заглубление отвала и зарезание грунта производится на первой скорости.

Производительность бульдозера при зарезании и перемещении грунта может быть подсчитана по формуле:
$$P_{\text{э}} = \frac{3600V_B K_B K_{\text{укл}} \alpha_n}{T_{\text{ц}}},$$

где K_B — коэффициент использования бульдозера по времени (чаще $K_B = 0,85 - 0,9$); $K_{\text{укл}}$ — коэффициент, учитывающий работу бульдозера на подъеме или уклоне (при уклоне 0-15% $K_{\text{укл}} = 1-2,25$; при подъеме 0-15% $K_{\text{укл}} = 1-0,5$); $T_{\text{ц}}$ — продолжительность цикла (с):

$$T_{\text{ц}} = \frac{l'_p}{g'_p} + \frac{l'_n}{g'_n} + \frac{l'_0}{g'_0} + t_c + t_0 + 2t_{\text{п.б}},$$

где g'_p, g'_n, g'_0 — скорость бульдозера соответственно при резании, перемещении и обратном ходе в м/сек; l'_p, l'_n, l'_0 — длина пути соответственно резания, перемещения, обратного хода в м; t_c — время на переключение скорости; t_0 — время на опускание отвала; $t_{\text{п.б}}$ — время на поворот бульдозера.

Фактический объем призмы волочения:

$$V_B = \frac{L_{\phi} H_{\phi}^2 K_n}{2},$$

где L_{ϕ} — длина призмы волочения; H_{ϕ} — высота призмы волочения; K_n — коэффициент удельного сопротивления внедрению ножа бульдозера, зависящий от отношения H_{ϕ}/L_{ϕ} (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Несвязные грунты		Связные грунты	
H_{ϕ}/L_{ϕ}	K_n	H_{ϕ}/L_{ϕ}	K_n
0,15	1,10	0,15	0,70
0,30	1,15	0,30	0,80
0,35	1,20	0,35	0,85
0,40	1,30	0,40	0,90
0,45	1,50	0,45	0,95

Коэффициент, учитывающий потери грунта при транспортировании (просыпании):

$$\alpha = (1 - \beta \cdot l_n),$$

где β — коэффициент, принимаемый в зависимости от длины транспортирования, обычно $\beta = (0,008 \dots 0,04) \text{м}^{-1}$.

При планировочных работах:

$$P_{\text{э}} = \frac{3600l_y (L_{\phi} \sin \varphi' - b) K_B}{n_{\text{п}} \left(\frac{l_y}{g_p} + t_{\text{п}} \right)},$$

где l_y — длина планируемого участка; φ' — угол поворота отвала; b — часть ширины пройденной полосы, перекрываемой при последующем смежном проходе (ширина нахлеста); $n_{\text{п}}$ — число проходов по одному месту; g_p — рабочая скорость резания.

При планировании желательно работать без разворота бульдозера. Тогда время $t_{\text{п}}$ уменьшается и увеличивается производительность.

6.1.1. Проведение канав и траншей бульдозерами

Применение бульдозеров прежде всего определяется свойствами разрабатываемых пород. Без предварительного рыхления бульдозерами проходят выработки в породах до IV категории крепости по шкале ЕНВ. В породах большей категории крепости выработки проходят бульдозерами с навесным рыхлительным оборудованием.

Квалификация обслуживающего персонала зависит, в первую очередь, от мощности машины. Рекомендуется для управления и обслуживания бульдозеров мощностью до 100 кВт

привлекать машинистов 4-го разряда, 100-200 кВт – 5-го разряда, а более 200 кВт – 6-го разряда. Из-за возможной потери устойчивости бульдозеры не могут работать на уклонах более 12 - 15°. Применение бульдозеров с рыхлительным оборудованием эффективно при проведении выработок со средней глубиной 3 – 6 м.

Параметры разведочных канав и траншей довольно различны – глубина канав достигает 4 – 6 м (наибольшее распространение имеют канавы глубиной до 3 м), длина измеряется десятками и сотнями метров; траншеи проходят глубиной до 25 м и более, длину их выбирают в зависимости от размеров полигона.

Формы поперечного сечения канав и траншей выбирают исходя из способа проходки, устойчивости пересекаемых пород и глубины выработки.

Основными формами поперечного сечения канав и траншей являются прямоугольная, ступенчатая и трапециевидная (рис. 5.1).

Прямоугольные канавы и траншеи проходят как ручным способом (при глубине до 2^х м), так и машинным (при глубине более 2^х м).

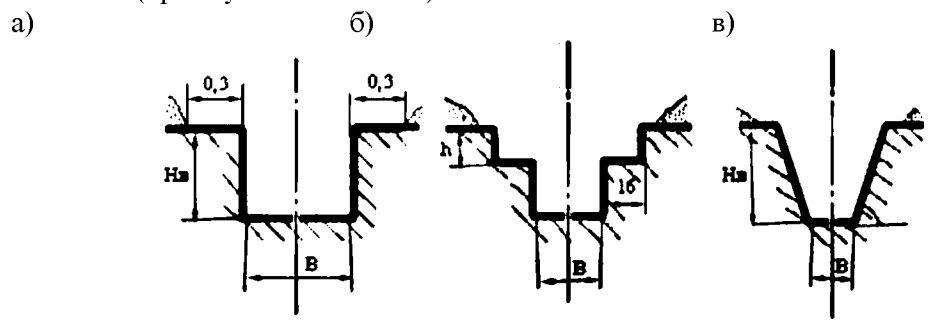


Рис. 5.1. Формы сечений канав и траншей : а) прямоугольная, б) ступенчатая, в) трапециевидная

Ступенчатая форма характерна для ручной проходки канав глубиной более 2^х м и машинной проходки траншей многочерпаковыми канавокопателями с уширителями. В этом случае ступенчатый профиль канавы повышает устойчивость стенок. Трапециевидный профиль придается выработкам при всех способах проходки.

Объем выработки определяется через площадь ее поперечного сечения, для ступенчатой выработки, м²:

$$S_{cm} = H_B \left[l_6 \left(\frac{H_B}{h} - 1 \right) + B \right],$$

и для трапециевидной выработки

$$S_{mp} = H_B (H_B \cdot ctg\beta + B),$$

где H_B – глубина выработки, м; h – высота уступа, принимаемая при ручном способе проведения – 2 м; l_6 – горизонтальная площадка уступа (берма), принимается при ручном способе проведения – 0,5 м; B – ширина подошвы выработки, минимальное значение при ручном способе проведения – 0,8 м, при проходке бульдозером – равное ширине плуга, с учетом зазоров между отвалом бульдозера и стенками выработки (с каждой стороны 0,1 – 0,2 м); β – угол наклона боковых стенок выработки: без крепления стенок выработки – 30-60°, при креплении – 80-85°.

6.1.2. Технология проведения выработок бульдозерами

Подготовительные работы включают в себя:

очистку производственной площадки (удаление древесно-кустарниковой растительности, валунов, корчевка пней и др.);

разбивку трассы с указанием мест выездов бульдозеров из выработки, мест разворотов, размещения отвалов и др.

Работы по уборке породы состоят из процессов резания и копания, набора призмы волочения и перемещения породы за пределы выработки.

Проектные параметры открытых горноразведочных выработок при продольных (числитель) и поперечных (знаменатель) проходах бульдозера следующие:

Длина, м	100 – 150 / 250 – 350
Ширина по подошве, м	2,5 – 3,5 / 30 – 40
Глубина, м	3 – 4 / 7 – 8

Продольными ходами проходится до 70 % выработок.

Путь набора призмы волочения обычно составляет 5–7 м.

Техническая производительность бульдозера, м³/ч

$$Q_T = V_{np} \cdot n_{\text{ц}} \cdot K,$$

где V_{np} – объем призмы волочения, м³; $n_{\text{ц}}$ – расчетное число циклов бульдозера за час; K – комплексный коэффициент, учитывающий квалификацию машиниста, технологию и условия работ (ориентировочно можно принять K равным 0,75–0,8).

$$n_{\text{ц}} = 60/t_{\text{ц}},$$

где $t_{\text{ц}}$ – время полного рабочего цикла, мин.

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{п.х.}} + t_{\text{ох.}} + t_{\text{о}}^I + t_{\text{о}}^{II} + t_{\text{м}},$$

где $t_{\text{п.х.}}$, $t_{\text{ох.}}$ – расчетное время рабочего и обратного хода; $t_{\text{о}}^I$, $t_{\text{о}}^{II}$ – время остановок после рабочего и обратного хода ($t_{\text{о}}^I = t_{\text{о}}^{II} = 2$ мин.); $t_{\text{м}} = 5$ мин. – время маневрирования.

$$t_{\text{п.х.}} = t_{\text{ох.}} = \frac{L_{np}}{v_{cp}},$$

где L_{np} – длина прохода бульдозера, м; v_{cp} – средняя скорость движения бульдозера, м/мин.

Обратные ходы бульдозером задним ходом рациональны при длине до 50 м. Вариантами этой технологии является сооружение отвалов не только на торцах выработки, но и на бортах. Для этого с различными интервалами устраиваются боковые выезды с одной или с двух сторон выработки (рис. 5.2). Средняя длина интервалов около 20 м.

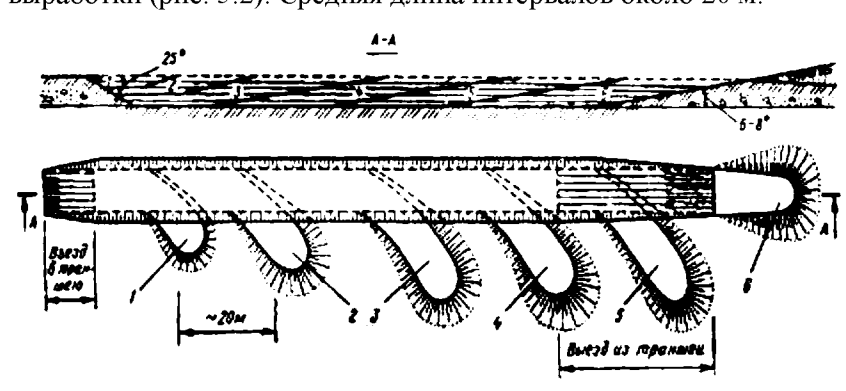


Рис. 5.2 Схема с боковыми выездами из траншеи (1-6 – последовательность проведения траншей).

Основным недостатком технологии проведения выработок продольными ходами являются значительные затраты труда и средств на сооружение боковых и торцевых выездов. В ряде случаев объемы породы, изъятый при сооружении выездов из выработки, составляют 0,4–0,5 объемов самой выработки.

ЛЕКЦИЯ 7-11

Транспортные машины

Классификация транспортных машин. Транспортные схемы

7.1 Общие сведения о применении карьерного транспорта на открытых разработках

Карьерный транспорт обеспечивает один из основных механических процессов добычи полезного ископаемого на карьерах и является одним наиболее металлоемким и энергоемким процессом. На карьерный транспорт приходится 40-60 % капитальных вложений на создание системы разработки а в себестоимости добычи полезного ископаемого затраты достигают – 30-50 %.

Трудоёмкость – определяется отношением числа человеко-часов на единицу продукции (т или м³)

Роль карьерного транспорта увеличивается в связи с резким увеличением объема карьера.

Использование транспорта при добыче полезных ископаемых.

Руды цветных металлов	75 %	Автомобильный	60 %
Уголь	30 %	Железнодорожный	30 %
Строительные материалы	100 %	Конвейерный	7 %
Горнохимическая пром-ть	80 %	Гидравлический	3 %

Рекомендации. При изучении следует четко представлять цели и задачи, последовательность выполнения расчетов транспортных машин. Необходимо знать особенности и отличия проекторочного и эксплуатационного расчётов. Расчет начинается с определения расчетных часовых грузопотоков, поступающих на каждое транспортное средство, с учетом неравномерности грузопотока во времени и места установки транспортного оборудования. На основе расчетных часовых грузопотоков из каталогов и справочной литературы выбираются типоразмеры транспортного оборудования, параметры которых определяются эксплуатационным расчетом.

Выбор типоразмеров транспортных машин должен быть увязан с техническими параметрами погрузочного оборудования с размерами транспортных берм, уклонов, размеров рабочих площадок, пунктов погрузки-разгрузки (с учетом требований ПБ).

Расчет транспортных средств производится с целью определения эксплуатационных параметров выбранных типоразмеров транспортного оборудования, их количества, а также оценки пригодности транспортных средств и их параметров заданным условиям эксплуатации.

Изучение методики эксплуатационных расчетов целесообразно начать с изучения расчета машин непрерывного действия (например ленточного конвейера) и машин циклического действия (на примере автомобильного или железнодорожного транспорта).

7.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

Классификация транспортных машин:

- по принципу действия - непрерывного и циклического;
- по размещению в производственной зоне (месту установки) - внешний, внутренний;
- призабойный, участковый, магистральный, подъём;
- по назначению – основной и вспомогательный;
- по способу транспортирования – волочением, скольжением, микробросками, в транспортных сосудах;
- по наличию и типу тяговых элементов – без них: вибротранспортер, гидро- и пневмотранспорт, гравитационный тр-т; с ними: цепи, ленты, колеса, гусеницы;
- по наличию и типу грузонесущего органа;
- по роду потребляемой энергии;
- по конструктивным признакам.

Современная классификация транспортных машин для ОГР приведена на рис. 7.1.

7.3 ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

Производительность. Следует различать понятие производительность машины: теоретическая, техническая, эксплуатационная.

Типаж и типоразмер машин. *Типаж* – совокупность машин экономически целесообразной минимальной номенклатуры, удовлетворяющей нуждам промышленности.

Типоразмер – один (реже несколько) численных значений, однозначно характеризующих эксплуатационные свойства и геометрические параметры машины.

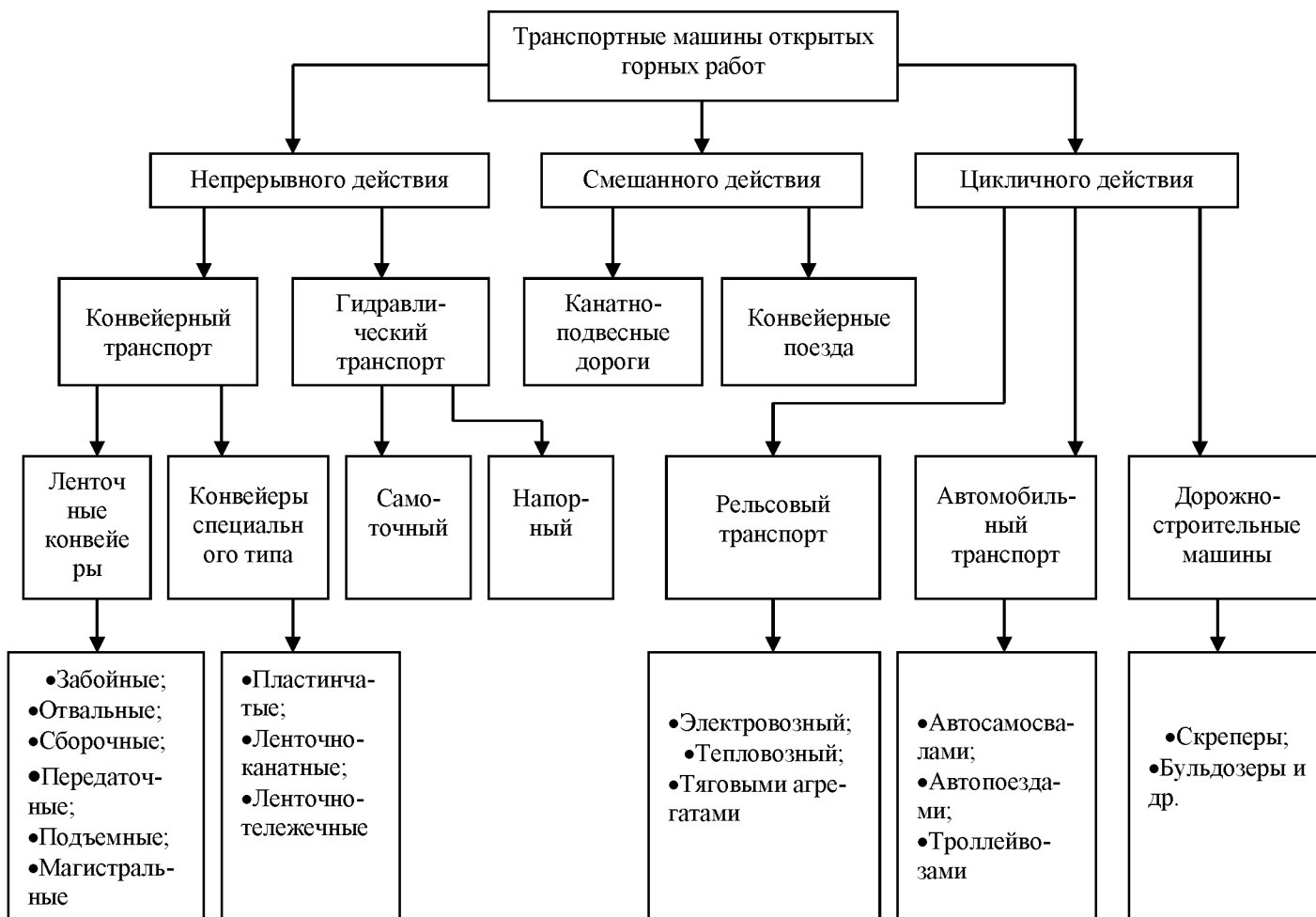


Рис.7.1 Классификация транспортных машин ОГР

7.4. ТРАНСПОРТНЫЕ СХЕМЫ

Транспортная система – совокупность погрузочных и транспортных средств со средствами управления, контроля и автоматизации. Внутри транспортной схемы можно выделить подсистемы отдельных *транспортных комплексов*, под которыми понимают управляемые системы кинематически и технологически связанных транспортных машин и погрузочно-разгрузочного оборудования со средствами их контроля и автоматизации, предназначенные для выполнения транспортных операций определенного назначения. К таким комплексам, различающимся по месту функционирования и назначению, относятся: участковый, магистральный, подъем, комплекс поверхности карьера и внешний транспорт.

Графическое изображение последовательно установленного в выработках оборудования для транспортирования грузов и людей, выполненное в условных обозначениях, называется *транспортной схемой*. В пояснениях к схеме указывается тип, основные параметры и расположение горного и транспортного оборудования, перегрузочных пунктов, конечных станций, характеристики транспортных путей (дорог), длину, уклоны, направления и размеры грузопотоков. Так же на схемах указываются габариты устанавливаемого оборудования и зазоры между ним и стенками (крепью) выработки, конструкцию железнодорожного пути и автодорог.

Наиболее широко при разработке месторождений открытым способом применяют транспортные схемы с использованием комплексов и комплектов оборудования:

- автомобильный;
- железнодорожный;
- конвейерный;
- комбинированный, с применением одновременно нескольких видов транспорта с оборудованием перегрузки.

Особенностью формирования транспортной системы карьера, в частности с автомобильным транспортом, является то, что принимаемые решения носят долговременный характер и при периодической реконструкции возможно лишь техническое перевооружение действующих на карьере видов транспорта. Поэтому при поэтапном проектировании, даже при выборе вида транспорта и типажной структуры оборудования для разработки месторождения в границах первого этапа, необходимо учитывать последовательность развития транспортной системы карьера до конца его эксплуатации.

При проектировании карьерного транспорта необходимо руководствоваться СНиП [4]. и Едиными Правилами безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом (ПБ-06-07-92) [5]. Наибольшее значение имеет исправное состояние транспортных средств и состояние горных выработок (бортов, траншей, уступов, откосов и отвалов) и транспортных коммуникаций (дорог). Проектирование, строительство и реконструкция автомобильных дорог (как наземных, так и внутрикарьерных) должны осуществляться с соблюдением требований строительных норм и правил в части обеспечения безопасности дорожного движения.

В соответствии с Законом "О безопасности дорожного движения" ответственность за соответствие дорог установленным требованиям по безопасности дорожного движения в части плана и профиля на этапе проектирования возлагается на проектировщика, а на этапах эксплуатации, реконструкции и строительства - на руководителя предприятия (организации), в ведении которого находятся эти дороги. Продольные уклоны внутрикарьерных дорог следует принимать на основании технико-экономического расчета с учетом безопасности движения.

Ширина проезжей части дороги устанавливается проектом с учетом требований действующих СНиП, исходя из размеров автомобилей и автопоездов. Временные въезды в траншеи должны устраиваться так, чтобы вдоль их при движении транспорта оставался свободный проход шириной не менее 1,5 м.

При затяжных уклонах дорог (более 0,06) должны устраиваться горизонтальные площадки с уклоном 0,02 длиной не менее 50 м и не более чем через каждые 600 м длины затяжного уклона.

Радиусы кривых в плане и поперечные уклоны автодорог предусматриваются с учетом действующих СНиП.

В особо стесненных условиях на внутрикарьерных и отвальных дорогах величину радиусов кривых в плане допускается принимать в размере не менее двух конструктивных радиусов разворотов транспортных средств по переднему наружному колесу - при расчете на одиночный автомобиль и не менее трех конструктивных радиусов разворота - при расчете на тягачи с полуприцепами.

Проезжая часть дороги внутри контура карьера (кроме забойных дорог) должна соответствовать СНиП [4] и быть ограждена от призмы обрушения земляным валом или защитной стенкой. Высоту породного вала необходимо принимать по расчету, при этом внутренняя бровка вала должна быть вне призмы обрушения.

В зимнее время автодороги должны систематически очищаться от снега и льда и посыпаться песком, шлаком или мелким щебнем.

В практике проектирования выбор вида транспорта, как правило, производится после принятия основных технологических решений по горной части проекта, что ставит этот важнейший технологический процесс, связывающий воедино все остальные процессы по добыче полезного ископаемого как бы в подчиненное положение, жестко вписывает его в заданные заранее рамки. Естественно, в таких условиях трудно ожидать, что транспортная часть проекта будет на уровне оптимальных решений. Поэтому целесообразно выделить в самостоятельную задачу выбор вида транспорта и оптимизацию его параметров, решая ее одновременно с вопросами вскрытия и системы разработки [6]. При этом вместо сравнения по вариантам на расчетный год необходимо сравнивать их за период оптимизации. Сравнительная эффективность транспортных систем должна оцениваться с учетом их взаимосвязи со смежными технологическими процессами. Расчеты эффективности транспортных систем должны оцениваться дифференцированно для отдельных зон по глубине карьера.

На стадии проектирования основной задачей является правильный выбор параметров транспортной системы, типажа погрузочно-транспортного оборудования.

На действующем карьере, наряду с некоторыми частными задачами оптимизации, важнейшим вопросом является своевременный переход на другие виды или схемы транспорта, связанный обычно с реконструкцией предприятия.

На третьем этапе осуществляется постановка задач и моделей оптимизации выделенной системы. Здесь важнейшим вопросом является выбор критерия оптимизации. Он должен учитывать затраты и эффективность не только собственно транспорта горной массы, но и в смежных звеньях, а также динамику показателей функционирования системы во времени.

На четвертом этапе формируется критерий оптимальности, на пятом – рассматриваются вопросы реконструкции транспортной системы карьера, которая может периодически повторяться.

Технико-экономические показатели сравниваемых транспортных систем определяются дифференцированно по зонам карьера высотой 30-40 м.

Задача проектирования транспортной системы карьера решается в три этапа: на первом этапе устанавливаются возможные для применения в заданных условиях виды и схемы транспорта; на втором – выбирается оптимальное сочетание параметров погрузочно-транспортного и другого оборудования, уклоны транспортных коммуникаций и др.; на третьем – путем технико-экономического сравнения вариантов транспортных систем и приведения вариантов в сопоставимый вид определяется наиболее выгодная транспортная система.

7.5 Выбор вида технологического транспорта

Выбор и оценка видов карьерного транспорта при проектировании карьеров должны проводиться с учетом горно-геологических, горно-технических, климатических и других факторов, а также с учетом оценки технико-экономической эффективности каждого из используемых видов транспорта.

К числу учитываемых факторов относятся также физико-механические характеристики горных пород; производительность карьера по полезному ископаемому и объем вскрышных работ; объемы горно-капитальных работ, система разработки и принятая очередность развития горных работ в карьере; годовое понижение горных работ и проектируемая глубина карьера; требования к качеству полезного ископаемого (валовая или селективная добыча, необходимость усреднения); режим горных работ; применяемое погрузочное оборудование; форма и размеры карьера в плане; расстояние транспортирования горной массы; срок существования предприятия.

Решающим фактором, влияющим на выбор вида транспорта, является расстояние транспортирования и высота подъема груза, которая зависят от взаиморасположения рабочей зоны карьера, отвалов, параметров рудоподготовительного комплекса в плане и по высоте, а также от уклона транспортных коммуникаций. С другой стороны, видом транспорта определены параметры рабочих зон в карьерах и, как следствие, изменение величины коэффициента вскрыши, уклон капитальных траншей, объем горно-капитальных работ и количество оборудования вспомогательного и хозяйственного назначения, положение отвалов рудоподготовительного комплекса, схема и протяженность внутренних и внешних коммуникаций; объем и структура ремонтной базы, источники энергоснабжения и пр.

Выбор рационального вида транспорта осуществляется в три этапа, на каждом из которых учитывается определенная группа факторов.

Первый этап – выбор возможных вариантов технологических схем карьерного транспорта с учетом приведенных выше факторов и специфических особенностей разработки месторождения. Здесь же устанавливают основные характеристики вариантов – схема вскрытия, порядок разработки месторождения, контур карьера в различные периоды эксплуатации, режим горных работ, объем горно-капитальных работ и пр.

Второй этап – определение оптимальных параметров транспортных схем и основного горно-транспортного оборудования с учетом технической вооруженности горно-добывающих предприятий и технико-экономического прогресса различных видов карьерного транспорта. При проектировании следует ориентироваться на серийно изготавливаемое оборудование, а также на оборудование, которое выпущено в виде промышленной партии или опытных образцов, рекомендованных к серийному выпуску. На перспективу можно ориентироваться на оборудование, по которому ведутся проектно-конструкторские работы или имеются утвержденные технические задания. Потребное количество оборудования определяется для различных периодов эксплуатации, т.е. с учетом динамики показателей транспортного процесса по мере развития горных работ. На втором этапе для расчета рассматриваемых вариантов транспорта и технологических схем в целом могут быть использованы разработанные алгоритмы и программы для ЭВМ. При этом следует иметь в виду, что сама модель технико-экономических

расчетов может использоваться длительное время, а стоимостные параметры имеют тенденцию к постоянному изменению.

В проектах расширения, реконструкции и поддержания мощности предприятия рекомендуется затраты, связанные со строительными-монтажными работами, принимать по фактическим данным. Так же рассчитываются годовые эксплуатационные расходы. Достоверность полученных результатов зависит от правильности принимаемых стоимостных параметров, полноты факторов (процессов), учтенных в расчетах, независимо от того, каким методом выполнялись расчеты – с применением ЭВМ или традиционным.

Третий этап – оценка сравнительной эффективности вариантов с учетом капитальных затрат и эксплуатационных расходов, сроков строительства предприятия, технического процесса и пр. Для оценки экономических показателей рассматриваемого вида транспорта при проектировании должны учитываться не только транспортные затраты, но и затраты на экскавацию, отвалообразование, а в некоторых случаях и других процессов, зависящих от применяемого вида транспорта. Затраты на сопутствующие процессы не только сказываются на показателях применяемого вида транспорта, но и сам транспорт влияет на их производительность, необходимость ведения дополнительных операций (перегрузка, дробление и пр.).

Технико-экономическое сравнение вариантов транспорта следует выполнять для различных последовательных отрезков времени (глубины карьеров). Это позволяет более точно выявить достоинства и недостатки того или иного вида транспорта в различные периоды разработки месторождения и при необходимости установить достаточно достоверное время (или глубину) перехода с одного вида транспорта на другой. Для реконструируемых карьеров следует учитывать затраты, произведенные ранее для внедрения уже применяемого вида транспорта.

Сравнительная эффективность вариантов карьерного транспорта оценивается по минимуму приведенных затрат за принятый период оптимизации (до 10-15 лет от начала строительства, а для крупных и глубоких карьеров до 20-25 лет), приведенных к текущему моменту оценки с помощью коэффициента приведения.

Более подробно предпочтительные условия применения различных видов транспорта в глубоких карьерах приведены в табл. 7.1. и 7.2.

Таблица 7.1

Рекомендации по применению различных видов карьерного транспорта

Вид транспорта	Производительность в карьере по горной массе, млн.т/год	Мощность рудного тела и условия залегания	Глубина карьера, м	Расстояние транспортирования, км	Климат района месторождения
Автомобильный	До 30-50 при грузоподъемности автосамосвала до 75 т; 70-80 при большей	Крутопадающие и маломощные залежи в сложных условиях залегания	До 80 (редко до 150)	До 2-3, реже до 5, в том числе в карьере до 2	Предпочтительно сухой
Автомобильно-железнодорожный	От 30-50 до 100-120	Не лимитируется	Обычно 200-250, реже до 300-350	Автотранспорт до 1,5, железнодорожный неограниченно	Не лимитируется
Автомобильно-конвейерный или автомобильно-конвейерно-железнодорожный	От 20 до 50-80	Сложная конфигурация залегания, однородный состав	От 80-150 до 600-700	Автотранспорт до 1,5, конвейерами до 3	Предпочтительно мягкий и сухой
Автомобильно-скиповый-автомобильный (железнодорожный)	10-15	Крутопадающее залегание	От 100-150 до 300-400	Автотранспорт до 1,5-2,5 в карьере и до 3-3,5 на поверхности	Не лимитируется
Дизель-троллейвозный	Более 10	Крутопадающее залегание любой мощности и сложности	До 150-250	До 4,0-4,5	Предпочтительно сухой

Таблица 7.2

Предпочтительные условия применения различных видов и схем транспорта в глубоких карьерах (по В.Л.Яковлеву и Ч.Л.Фесенко)

Транспорт	Оборудование	Грузопоток, млн.т/год	Зоны горных работ в карьере	Высота подъема горной массы, м	Расстояние транспортирования, км	Темп понижения горных работ, м/год
Автомобильный	Автосамосвалы грузоподъемностью: q _a =75 т	до 10	все рабочие горизонты	80-100	1,5-3	15-20
	q _a =110 и 120 т	10-20	То же	100-120	2-4	15-20
	q _a =180 т	20	средние и верхние	120-150	2-5	15-20
	Дизель-троллейбусы q _a =110 т	10-20	То же	150-200	3-5	10-15
Автомобильно-конвейерный	Со щечковыми дробилками	6-10	Глубокие рудные	60-80 ^x	0,5-2,0 ^x	10-15
	С конусными дробилками	15-23	То же	150-200 ^{xx}	1,5-2,5 ^{xx}	10-15
Автомобильно-железнодорожный	С экскаваторными и безэкскаваторными перегрузочными пунктами	10-15	Средние и нижние	60-80 ^x 150-250 ^{xx}	0,5-1,5 ^x 8-10 ^{xx}	8-10
Автомобильно-конвейерно-железнодорожный	С экскаваторными, безэкскаваторными или комбинированными перегрузочными комплексами	15-20	Глубинная зона карьера	60-80 ^x 150-300 ^{xx} 0-100 ^{xxx}	0,5-2,5 ^x 0,7-1,5 ^{xx} 5-10 ^{xxx}	8-10

^x Автомобильный транспорт

^{xx} Конвейерный транспорт

^{xxx} Железнодорожный транспорт

Режим работы транспорта на карьере обычно совпадает с режимом работы карьера. Для предварительных расчетов рекомендуется принимать [7,8]: для крупных карьеров производительностью 25 млн.т горной массы в год – непрерывную рабочую неделю по три смены в сутки; для мелких карьеров производительностью до 1 млн.т горной массы в год – пятидневной рабочую неделю по две смены в сутки; для карьеров производительностью в пределах 1,0-25 млн.т горной массы в год – шестидневную рабочую неделю в две или три смены в сутки. Продолжительность смены 7 или 8 ч. При планировании развития горных работ, ведущихся с использованием автотранспорта, транспортных коммуникаций, необходимо исходить из величины минимального активного фронта работ, приходящегося на один экскаватор:

Вместимость ковша экскаватора, м ³	2,5	4,6; 5	6,3; 8	10; 12,5; 15	20
Длина фронта работ, м	300	500	600	700	800

7.6. Последовательность выбора и расчета транспортной схемы

Транспортные схемы могут применяться для вскрытия месторождения и отработки.

Наилучшие условия создаются при непрерывной технологии, при которой имеет место совмещение во времени всех основных процессов и непрерывное отделение и транспортирование горной массы.

При выборе схемы должна применяться максимально возможная механизация на базе эффективного использования оборудования, а также унификация транспортного оборудования. В разрабатываемую технологическую схему следует включать современные типы транспортного оборудования, использовать прогрессивные проектные решения, новейшие достижения отечественной и зарубежной науки и техники.

1.1 Формируют блок исходных данных: горно-технические условия, назначение и срок обработки, вид и условия залегания полезного ископаемого, способ проветривания, водоотлива и т.д.

1.2. По заданным параметрам выработок и рекомендациям табл. 7.1. и 7.2 принимаются типы горных, погрузочных и транспортных машин. Для выбора машин можно воспользоваться также справочной литературой /1, 8, 10, 11/.

Выбор погрузочно-транспортного оборудования следует произвести в соответствии с рекомендациями:

- соответствия вместимости рабочего оборудования погрузочных машин и кузовов транспортных машин, размеров зоны работы исполнительных органов погрузочного оборудования и размеров транспортных машин (учитываются типы и требуемая высота загрузки транспортных машин их безопасное расположение).

- выбор типажа и типоразмера машины зависит от характеристик перемещаемых грузов: штучный и насыпной, крупности, насыпной плотности, угла естественного откоса, абразивности; основные требования: размеры погрузочных органов машин должны соответствовать крупности погружаемых кусков; для одноковшовых машин абразивность и крепость погружаемых пород – любая, для остальных существуют ограничения.

- соответствие технических характеристик машин условиям применения: по удельному давлению машины на почву, углу наклона и кривизне трассы в плане.

- при выборе машин учитывают срок службы предприятия, перспективы модернизации и технико-экономические показатели.

- кол. трансп. операций - наименьшее, расстояния - наикратчайшие, равномерность разветвлённых грузопотоков;

- основн. гр-к -самотёком, нежелательно длинные желоба из-за потерь высоты и измельчения пол. ископ., предпочтение - ЛК;

- применять одноимённые типажи с одинаковыми характеристиками для наиб. взаимозаменяемости;

- создавать наименьшее к-во наиб. гр-ков для уменьшения стоим. тр-ния;

- выбор типоразмера машины определяется грузопотоком с соблюдением условия $Q_{тех} > Q_p$, где $Q_{тех}$, Q_p - соответственно техническая производительность машины и расчетный грузопоток.

Выбранные машины подвергаются далее эксплуатационному расчету (количество машин, экономические показатели, время уборки горной массы) на основании которого делается вывод о предпочтении одной машины над другими, в т.ч. и для сложной структуры парка машин.

7.7 Назначение транспортных машин и комплексов

Транспортные машины и комплексы служат для перемещения полезного ископаемого и вскрышных пород от забоя до приемных пунктов .

Приемными пунктами являются : дробильно-сортировочные фабрики, отвалы пустых пород , перегрузочные пункты и склады .

Особенности работы транспортных машин и комплексов на открытых разработках

1. Погрузочные и приемные пункты постоянно изменяют свое положение в пространстве.
2. Горная масса на карьерах транспортируется под довольно большими углами как нагорных, так и глубинных карьеров, что создает ограничения применения видов транспорта.
3. Сложные климатические условия .
4. Для эффективной работы транспорта необходима увязка его параметров с работой погрузочно-перегрузочного и приемного перерабатывающего оборудования.

7.8. Требования к транспортным машинам и комплексам в карьере

1. Возможность обеспечения заданного грузооборота. Грузооборот – количество полезного ископаемого , вскрышных пород , которые необходимо переместить в течении определенного периода (обычно – год).
2. Ритмичность работ .

$$\text{Коэффициент ритмичности : } K_p = \frac{I_i}{I_{cp}}$$

Где I - интенсивность поступления груза (т/мин)

3. Надежность в работе .
4. Возможность максимальной механизации и автоматизации транспортного процесса.
5. Обеспечение наименьших издержек .
6. Безопасность.

7.8. Понятие о грузопотоках

Грузопотоком называют количество горной массы (полезного ископаемого, вскрышной породы, и др., измеряемой в единицах массы(т) или объёма (м³)) перемещаемое транспортной системой в единицу времени в определенном направлении.

Определение – грузопотоком называют количество груза перемещаемое в единицу времени по конкретной трассе. Основной грузопоток в карьере – насыпной груз. Различают (рис. 1.1.): сменный, часовой, средний максимальный. По направлению грузопотоки делятся на :

1. Прямой – поток полезного ископаемого, вскрышных пород ;
2. Обратный - поток оборудования и материалов .

На карьерах стремятся разделить прямой грузопоток на полезные ископаемые и вскрышные породы, т.к. это улучшает управление грузооборотом .

Степень изменчивости грузопотока оценивается коэффициентом неравномерности

$$K_n = Q_{max}/Q_{cp} \quad ,$$

где Q_{cp} , Q_{max} - соответственно средний и максимальный грузопотоки.

Правило выбора транспортирующей машины по грузопотоку т.е., чтобы $Q_{техн} > Q_p$.

Существуют два метода определения расчетного грузопотока Q_p :

1. - по коэфф. неравномерности K_n
2. - по максимальной (теоретической) производительности забойных машин $K_m = t_{cm} -$

коэфф. машинного времени; $K_m > K_g$; Средняя пр-ть за машинное время:

$$Q_p = K_n A_{cm} / t_m = K_n A_{cm} / (T_{cm} - t_{nn}) \quad ,$$

где A_{cm} - сменное задание; t_m - машинное время работы транспортной установки; K_n - коэффициент неравномерности грузопотока.

Пример. Значения K_n в нормах технологического проектирования, например для грузопотока из подготовительных забоев – 2...4,5; для магистрального транспорта 1,15...1,5.

Задаваясь сменным заданием можно определить $Q_{cp} = A_{cm} / (t_{cm} - t)$

Тогда $Q_p = Q_{max} = K_n Q_{cp} = K_n A_{cm} / (t_{cm} - t)$.

Частные случаи: если трансп. машина обслуживает погрузочную машину или комбайн то $Q_p \leq Q_{пасп}$, где $Q_{пасп}$ - пр-ть технологич. аппарата;

7.9 Свойства транспортируемых грузов

Основные грузы на карьерах относятся, как правило, к насыпным, т.е. транспортируемым внасыпку. Большинство вспомогательных грузов (оборудование и т.д.) классифицируют как штучные. Насыпные грузы, перевозимые в таре, также относятся к штучным грузам. Штучные грузы характеризуются габаритными размерами и массой. Горные породы изучаются в дисциплине:

- как объект разрушения;
- как основания, на которое опирается машина (при разрушении, экскавации, движении);
- как обеспечения возможности работы оборудования, например, с образованием уступов и площадок, на которых располагается ГМ;
- как объекты транспортирования (грузы): насыпные, жидкие, штучные.

Наиболее важные характеристики

1. Крепость ГП по М.М.Протоdjяконову по коэффициенту крепости f на 10 групп. (от 0,3 до 20 и выше). Также при разработке применяются ЕНВ, СНИП.
2. Твердость.

3. Сопротивление разрушению (резанию, бурению, копанию, вдавливанию, удару, термическому воздействию, взрыву и др.).

4. Плотность, пористость, пределы прочности по различным видам воздействий, упругость, хрупкость, вязкость, пластичность.

Плотность груза определяется отношением массы материала к его объему. Плотность горных пород различается для массива (в плотном теле), или в разрыхленном состоянии (в насыпке) (табл.7.3).

Таблица 7.3

легкие	1,0-2,0 (т/м ³)
средние	2,0-2,5 (т/м ³)
тяжелые	2,5-3 (т/м ³)
Весьма тяжелые	3-4 (т/м ³)

Между крепостью горных пород и плотностью, как правило, существует зависимость: чем больше крепость, тем больше и плотность.

5. Связность, сыпучесть, слеживаемость и разрыхляемость.

6. Возгораемость.

7. Абразивность

8. Трещиноватость.

9. Влажность.

10. Крупность, форма кусков и гранулометрический состав.

Крупность (кусковатость) определяют посредством линейных замеров кусков по трем взаимно-перпендикулярным направлениям, причем наибольший размер куска условно называют его длиной, и по крупности кусков (мм) насыпные грузы на карьерах разделяются на группы (табл. 3). По крупности различают

сортированные $\frac{Q_{\max}}{Q_{\min}} \leq 2.5$, где Q_i – наибольший (наименьший) размер куска;

рядовые (несортированный) $\frac{Q_{\max}}{Q_{\min}} > 2.5$

Размеры, форма зерен и гранулометрический состав. Груз с поперечным размером максимальных кусков $a_{\max} > 320$ мм условно относят к особо крупнокусовым, а грузы с частицами меньше 0,05 мм - пылевидными. Сыпучий груз, ограниченный верхним и нижним пределом по крупности, называется фракцией, которая обозначается как - $a_{\max} + a_{\min}$, где a_{\max} , a_{\min} - максимальный и минимальный размеры частиц в пределах данной фракции.

Процентное распределение частиц груза по их размерам в заданной партии груза называется гранулометрическим составом. Сумма процентных содержаний узких классов (фракций) в любой партии груза всегда составляет 100%.

Кроме максимальной крупности кусков a_{\max} сыпучий груз в пределах всей партии или какого-либо класса характеризуется поперечным размером средних или нижних кусков a' , который при содержании крупных кусков больше 10% определяют по формуле $a' = 0,5(a_{\max} + a_{\min})$, а при меньшем содержании – $a' = 0,5(0,8a_{\max} + a_{\min})$.

Кусковатость или гранулометрический состав насыпного груза является количественным соотношением кусков различной крупности в горной породе (в % по массе).

Куски груза, не требующие дробления перед отправкой потребителю, называют кондиционными, а больших размеров - негабаритом. Груз, содержащий большое число негабаритов, называется весьма крупнокусовым.

11. Угол естественного откоса. Называют угол между образующей конуса свободно насыпанного груза и горизонтальной плоскости, на которой он находится. При движении транспортной машины на насыпной груз действуют колебания и толчки, увеличивающие подвижность частиц, большее рассыпание груза и основание конуса. Поэтому различают угол естественного откоса в покое (ρ') и в движении (ρ).

12. Склонность к пылеобразованию и самовозгоранию и др.

7.10. Общие вопросы теории и расчета транспортных машин

Различают проектировочный, эксплуатационный и проверочный расчеты транспортных машин. Студенты технологических специальностей должны владеть методикой эксплуатационных расчетов, которая выполняется с целью проверки параметров выбранной (назначенной, по определенным критериям) машины заданным условиям эксплуатации. Задачи для каждого вида транспорта отличаются друг от друга и приводятся ниже.

2.7.1. Эксплуатационный расчет

Общими и конечными задачами экпл. расчета является определение:

1. Производительности в заданных условиях
2. Мощности привода
3. Рациональный вид (тип) транспортной машины или установки.
4. Количество машин.

Расчетом определяется (иногда дается в паспорте) Q_T , а необходимый рабочий парк определяем по Q_0 .

Определение производительности

1. Машины непрерывного действия, т/ч.

$$Q = V\gamma = 3600Fv\gamma \quad Q_T = 3600FV\Psi\gamma \quad , \text{ т/ч}$$

где F (м^2)- площадь поперечного сечения груза на несущем органе; V (м/с) - скорость движения и промежутку времени, за который определяется эта производительность. где F - площадь сечения рабочего органа (желоба), м^2 ; V - скорость движения грузонесущего органа, м/с ; γ - насыпная плотность, т/м^3 , Ψ - коэффициент использования F

$$F' = \Psi F, \quad \Psi = F' / F$$

Коэффициент заполнения Ψ в зависимости от типа машины и режима её работы может принимать следующие значения: для скребковых конвейеров $\Psi \leq 1$ или $\Psi > 1$ (заполнение несущего органа “с шапкой”); для напорных гидро-и пневмотранспортных установок $\Psi = 1$. Для остальных транспортных устройств $\Psi = 1$. Для некоторых типов машин и устройств площадь сечения груза F выражают через площадь поперечного сечения несущего органа F_0 (м^2) и так называемый коэффициент заполнения Ψ этого сечения транспортируемым грузом, т.е. $F = F_0 \Psi$. Поэтому массовая производительность (2) может быть представлена так:

$$Q = 3600Fv\gamma\Psi, \text{ т/ч.}$$

В последнем случае формулу производительности для последующего расчёта и выбора размеров несущих органов (ковшей, кузовов) удобнее представить в несколько ином виде. Из формулы (2) следует, что величина $1000 F\gamma$ есть ничто иное, как количество груза, приходящееся на 1 м длины транспортной установки q (кг/м), которое впредь будем называть линейной массой груза. С учётом отмеченного

$$Q = 3.6qv, \text{ т/ч,}$$

откуда может быть определена линейная масса груза для любой транспортной установки непрерывного действия при заданных параметрах Q и v :

$$q = \frac{Q}{3.6v}, \text{ кг/м.}$$

С другой стороны,

$$q = \frac{G}{l},$$

где G – расчётное количество груза, размещаемое в одном несущем органе (ковше, кузове), кг ; l – шаг расстановки несущих органов на тяговом органе транспортной машины.

Совместное решение уравнений (5) и (6) позволяет выбирать параметры G и l транспортной машины при сосредоточенно-распределённом размещении груза при заданных (принятых) Q и v .

Объёмная производительность транспортных машин непрерывного действия $\text{м}^3/\text{ч}$

$$Q_v = 3600Fv, \text{ м}^3/\text{ч.},$$

2. Машины циклического действия

$$Q_T = \frac{3600}{t_{\text{ц}}} EK_H \gamma \quad , \quad \text{ т/м}^3$$

где E – вместимость транспортного сосуда, м^3 ; K_H – коэффициент наполнения, $t_{\text{ц}}$ - время цикла, с
 $t_{\text{ц}} = t_{\text{н}} + t_{\text{дв}} + t_{\text{р}} + Q$, с , где t_i –затраты времени, зависящие от скорости, длины, и др.
где Q – различные паузы, с ;

3. Подвесные канатные дороги (циклически-непрерывного т.е. смешанного принципа действия):

$$Q_T = \frac{3600}{t_m} EK_H \gamma$$

где t_m – время между разгрузкой соседних вагонов $t_m = d/V$

$$Q_T = \frac{3600EK_H \gamma}{d}$$

7.11. Тяговый расчёт транспортных машин непрерывного действия

Назначение тягового расчёта – определение натяжений тягового органа транспортной машины во всех расчётных точках по его контуру, что позволит в дальнейшем уточнить размеры тягового органа, выявить нагрузки на опорные, отклоняющие и приводные устройства, выбрать тип и параметры натяжного устройства, тип и параметры привода (или приводов), включая требуемую мощность привода.

Тяговый расчёт позволяет достаточно точно определить нагрузки на оборудование транспортной машины и произвести его обоснованный выбор.

Последовательность и методика тягового расчёта заключается в следующем.

1. Вычерчивается профиль (при плоской схеме) и план (при пространственной схеме) транспортной машины (например конвейера) с простановкой линейных размеров, углов наклона, направления движения груза, точек перегиба тягового органа, точек загрузки и разгрузки, мест очистки несущего органа от прилипших частиц транспортируемого груза.

2. Определяются статические сопротивления движению тягового органа – распределённые и местные. Распределённые сопротивления подсчитываются для линейных участков между расчётными точками на грузовой и холостой ветвях тягового или тягово-несущего органа. Сопротивления движению складываются из сил трения движущегося объекта по опорным элементам и синусоидальной составляющей веса перемещаемого объекта. При этом силы трения в соответствии с законом Кулона вызваны нормальной составляющей веса объекта (рис.3). Силы трения всегда будут реактивными по своей природе, всегда направлены в сторону, противоположную движению и поэтому всегда положительны, а синусоидальная составляющая веса движущегося объекта постоянно обращена под уклон. В связи с этим при движении объекта с потерей высоты (с уменьшением потенциальной энергии) синусоидальная составляющая отрицательна (совпадает с направлением движения), а при движении с набором высоты т.е. в сторону противоположную направлению синусоидальной составляющей (с увеличением потенциальной энергии) – положительна.

В общем случае это сопротивление (Н)

$$W_{i-(i+1)} = gL_{i-(i+1)} [(qw + q_0w_0) \cos \beta + q'_0w \pm (q + q_0) \sin \beta], \quad (7)$$

где $L_{i-(i+1)}$ – длина расчётного участка, м; g – ускорение свободного падения, м/с²; q_0 – линейная масса тягового или тягово-несущего органа, кг/м; q'_0 – линейная масса вращающихся закреплённых на раме машины опорных элементов, кг/м; w_0 – коэффициенты сопротивления движению для груза и тягового органа.

Знак “+” – при движении вверх, знак “-” – вниз. Для ленточных и пластинчатых конвейеров, а также ковшовых элеваторов и конвейеров $w = w_0$; для скребковых конвейеров $q'_0 = 0$; для винтовых и инерционных конвейеров $q_0 = q'_0 = 0$.

Местные сопротивления возникают на ограниченных по длине участках контура тягового органа. Практически их можно считать точечными, за исключением криволинейных участков с достаточно большим радиусом кривизны.

К местным относятся сопротивления на неприводных и приводных блоках (барабанах, звёздочках, шкивах), криволинейных направляющих неподвижных или сформированных роликовыми батареями, связанные с разгоном транспортируемого груза, затормаживающим влиянием загрузочных и очистных устройств.

3. Определяется место положения привода (при транспортировании груза вниз). Для этого средний угол наклона конвейера $\bar{\beta}$ сравнивается с так называемым критическим углом β_0 , при котором статические сопротивления движению тягового органа на грузовой и холостой ветвях равны.

Значение β_0 может быть найдено из приближённой формулы (8):

$$\beta_0 \cong \operatorname{arctg} \frac{w}{1 + 2 \frac{q_0}{q}}.$$

При $\bar{\beta} < \beta_0$ привод устанавливается в головной части, а при $\bar{\beta} > \beta_0$ – в хвостовой части транспортной установки (если не существует других противопоказаний). При $\bar{\beta} \cong \beta_0$ привод может быть установлен или в головной, или в хвостовой части.

Такой выбор места установки привода позволяет не только минимизировать длину участка контура с максимальным его натяжением, но и существенно ограничить абсолютную величину этого натяжения на наиболее загруженном участке контура тягового или тягово-несущего органа.

4. Нумеруются расчётные точки на контуре тягового органа, начиная с точки сбегающего его с приводного блока (барабана, звёздочки, шкива или линейного привода).

5. Определяются напряжения тягового органа в расчётных точках как функция от натяжения тягового органа в первой точке, обходя контур в направлении его движения. При этом натяжение тягового органа в каждой последующей $i+1$ -ой точке S_{i+1} определяется как алгебраическая сумма натяжения S_i тягового органа в предыдущей (i -той) точке и сопротивления движению тягового органа $W_{i-(i+1)}$ на предыдущем участке:

$$S_{i+1} = S_i + W_{i-(i+1)}, \quad (9)$$

где $S_i = \varphi(S_1)$; S_i – натяжение тягового органа в точке $i = 1$; $\varphi(S_1)$ – функциональная зависимость натяжения в расчётной точке i от натяжения тягового органа в первой точке.

Таким образом, натяжение тягового органа в первой точке будет $S_1 = S_{сб}$, а натяжение в последней – $S_k = S_{нб}$; где k – число расчётных точек на контуре тягового органа, т.е. $i \in [1; k]$; $S_{сб}$, $S_{нб}$ – натяжения тягового органа в точках сбегающего и набегающего на приводной блок.

6. Строится диаграмма натяжений тягового органа во всех расчётных точках с определением минимального допустимого натяжения тягового органа и соответствующего ему и другим условиям натяжения тягового органа в точке его сбегающего с приводного блока (т.е. в точке $i = 1$).

Существует два варианта построения диаграммы. При простой форме трассы (прямолинейная горизонтальная или наклонная) величины натяжений откладываются перпендикулярно к замкнутому контуру, соответствующему контуру реальной транспортной установки (рис. 4, а). Наиболее универсальным является метод построения диаграммы натяжений на разомкнутом и вытянутом в одну линию (на оси абсцисс) контуре с нанесёнными (в масштабе) расчётными точками (рис. 4, б). Натяжения тягового органа определяются по оси ординат. На начальном этапе принимается $S_1 = 0$. Первоначальная ось абсцисс соответствует положению x_1 .

Далее определяются минимально допустимое натяжение S_0 тягового органа в зависимости от типа машины и профиля трассы, по условиям допустимого провеса (ленточные и пластинчатые конвейеры, подвесные кольцевые канатные дороги), нормального схода тягового органа (цепи) со звёздочек (скребковые конвейеры), непробуксовывания тягового органа на приводном блоке (ленточные конвейеры и элеваторы, кольцевые канатные дороги).

В расчётной точке диаграммы с минимальным натяжением откладывается вниз величина S_0 , которая и определяет окончательное положение оси абсцисс x и величины натяжения тягового органа во всех расчётных точках, с подсчётом по формулам (9). На рис. 4 параметры S_0 , $S_{нб}$, W_0 (тяговое усилие), $W_{пб}$, $W_{нб}$ (сопротивления движению на приводном и неприводном блоках) с индексом «'» соответствуют сопротивлению движению на первом линейном участке при $W_{1-2} < 0$, а с индексом «''» – при $W_{1-2} > 0$.

7. По величине максимального натяжения S_{max} уточняются прочные размеры тягового (цепей, канатов) или тягово-несущего (лента) органа и, при необходимости, повторяются операции по п. 2-6. На рис. 4 $S_{max} = S_4 = S_{нб}'$, а на рис. 4, б $S_{max} = S_8$; при $W_{1-2} < 0$ $S_8 = S_{нб}'$, а при $W_{1-2} > 0$ $S_8 = S_{нб}''$.

8. Определяется тяговое усилие на приводном блоке как разность натяжений тягового органа в точке набегающего $S_{нб}$ и сбегающего $S_{сб}$ с него – при концевом приводе (рис. 5, а) или как разность натяжений тягового органа в точках набегающего на последующий (по ходу движения тягового органа) и сбегающего с предыдущего приводного блока – при промежуточных приводах (рис. 5, б):

$$W_0 = S_{нб} - S_{сб}. \quad (10)$$

Тяговый расчёт позволяет получить достаточно точные значения натяжений в расчётных точках, по ним определить нагрузки на элементы транспортной машины (тяговый и несущий органы, концевые блоки, опорные и отклоняющие устройства) и осуществить их расчёт и выбор, оптимизировать эксплуатационные параметры машины (производительность, размеры трассы), рассчитать и выбрать мощности двигателей приводов.

7.12. Тяговый расчёт транспортных машин периодического действия

Отличительными особенностями транспортных машин и устройств периодического действия являются цикличность транспортных операций, наличие холостого хода (за исключением нереверсивных круговых опрокидывателей и цепных толкателей), наличие временных пауз внутри цикла и между циклами.

Для подавляющего большинства транспортных устройств периодического действия характерен ярко выраженный неустановившийся режим работы с преобладанием в ряде случаев динамического характера нагружения над статическим (толкатели, опрокидыватели, погрузочные машины и др.).

Для всех транспортных машин основного назначения характерна зависимость производительности от протяженности трассы транспортирования, что следует из общей формулы эксплуатационной производительности для транспортных машин с циклическим перемещением грузов (в тоннах в час).

7.12.1. Определение силы тяги и сопротивлений движению

1. Касательная сила тяги на ободу колеса при известной мощности двигателя определяется

$$\frac{3600N_{\text{дв}}}{v}$$

уравнением: $F_k = \eta_{\text{п}} \eta_{\text{к}} \eta_{\text{ом}}$,

где $N_{\text{дв}}$ – суммарная мощность ходовых двигателей, кВт; $\eta_{\text{п}}$ – КПД передачи от вала двигателя до ведущих колес, $\eta_{\text{п}} = 0.80-0.93$; $\eta_{\text{к}}$ – КПД ведущего колеса, $\eta_{\text{к}} = 0.7-0.95$; $\eta_{\text{ом}}$ – коэффициент отбора мощности для бортовых систем.

2. Максимальное значение касательной силы тяги ограничивается условиями сцепления колес с дорожным покрытием.

$$F_{\text{max}} \leq F_{\text{сц}}$$

$F_{\text{сц}}$ – сила тяги, развиваемая машиной по условиям сцепления ведущих колес с почвой выработки (в ньютонах),

$$F_{\text{сц}} = 1000P_{\text{сц}}\phi,$$

где $P_{\text{сц}}$ – сцепной вес машины, кН:

- для автосамосвалов, имеющих одну приводную ось

$$P_{\text{сц}} = (0,5 \dots 0,7)(M_0 + M)g,$$

- для машин со всеми ведущими колесами

$$P_{\text{сц}} = (M_0 + M)g,$$

где M_0 – масса машины; M – масса груза в ее грузонесущем органе (кузове); ϕ – коэффициент сцепления колес с дорожным покрытием.

Для обеспечения движения машины в режиме тяги должно быть соблюдено условие, при котором $F_{\text{сц}} \geq \Sigma W$.

3. Согласно второму закону Ньютона (базовому для составления уравнения движения) равнодействующая сил, действующих на машину по линии ее движения

$$R = M \cdot a,$$

где M – масса машины, сосредоточенная в центре ее тяжести (условие принимаемое при составлении уравнения движения); a – ускорение движения.

При движении машины к ней приложены сила трения F и силы сопротивления W .

В этом случае

$$R = F - W.$$

Произведение Ma представляет собой часть тягового усилия, затрачиваемого на ускорение движения и его обозначают через W_j .

Масса машины с учетом инерции ее вращающихся элементов

$$M = [1000P(1+k_{\text{ин}})] / g,$$

где $k_{\text{ин}}$ – коэффициент инерции вращающихся масс машины, меняющийся в значительных пределах в зависимости от типа и конструкции машины, степени ее загрузки и от передачи, на которой происходит ее движения.

Расчет суммарного сопротивления производится на участке с самым большим уклоном и самым большим удельным сопротивлением качению, с учетом скорости движения. Выполнение

условий движения автотранспорта на этом участке приводит к выполнению условия движения автотранспорта на всем пути.

$$\sum W = W_0 \pm W_i \pm W_B + W_R \pm W_j, \text{ где}$$

W_0 - Сила основного сопротивления движению автомобиля:

$$W_0 = \omega_0 \cdot P = 30 \cdot 208,5 = 6255 \text{ Н}$$

, где ω_0 - удельное сопротивление качению автомобиля по карьерной дороге, Н/кН; P- вес автомобиля с грузом, кН;

W_i - Сила сопротивления от уклона:

$$W_i = iP = 85 \cdot 208,5 = 17722 \text{ Н} .$$

$W_B = K_B \cdot F \cdot (V_A \pm V_B)^2$ - сопротивление воздушной среды.

$$W_R = \frac{200 - R}{200} \cdot \frac{R}{P} - \text{сопротивление на криволинейной траектории. 4}$$

Выполняется проверка условия $F_k > \sum W$.

Баланс сил, действующих на машину по линии ее движения, может быть представлен в виде

$$F - (W_0 \pm W_i + W_{кр} + W_B) = W_j,$$

где W_0 , W_i , $W_{кр}$ - сопротивления на прямолинейных участках пути, уклонах и криволинейных участках, соответственно

$$F - W_B = W_0 \pm W_i + W_{кр} = W_j.$$

Разность $F - W_B$ представляет собой тяговое усилие, затрачиваемое машиной на преодоление сопротивлений пути и создания ускорения.

Разделив обе части уравнения на P (вес машины) и умножив их на 1000 для использования в правой части уравнения значения коэффициентов сопротивления в целых числах, получим

$$\frac{F - W_B}{P} = (w_0 \pm i + w_{кр} \pm j),$$

где w_0 - коэффициент основного сопротивления движению; i - коэффициент сопротивления от уклона пути, численно равный уклону пути в промилле (‰); $w_{кр} = 0.05 \div 0.08$ - коэффициент сопротивления на криволинейных участках пути; $j = 108a$ - относительное ускорение; a - ускорение машины при трогании $a = 0.4 \div 0.5 \text{ м/с}^2$.

Отношение избыточной силы тяги к единице веса машины принято называть динамическим фактором машины D.

$$\frac{F - W_B}{P} = D.$$

Уравнение (16.10) можно записать в виде

$$D = w_0 \pm i + w_{кр} \pm j$$

В зависимости от режима движения возможных различные частные случаи

• равномерное движение на прямолинейном участке дороги, когда $j = 0$

$$D = w_0 \pm i$$

• движение под уклон на прямолинейном участке с выключенным двигателем (выбег), когда $F_k = 0$, относительное ускорение j может быть положительным или отрицательным

$$-\frac{W_B}{P} = w_0 - i \pm j$$

• движение при торможении, B - тормозная сила машины, кН;

$$-\frac{B - W_B}{P} = w_0 - i \pm j$$

При торможении относительное ускорение становится отрицательным

$$-j = \frac{B + W_B}{P} - i + w_0.$$

В итоге, пренебрегая сопротивлением воздушной среды, имеем

$$-j = 1000\varphi - i + w_0.$$

Динамический фактор ограничивается условием сцепления колес с полотном дороги:

$$D_{\max} \leq \frac{F_{\max} - W_B}{P} .$$

Зависимость динамического фактора D от скорости движения машины графически выражается тяговой или динамической характеристикой (рис.16.15).

Представляя собой зависимость избыточного тягового усилия от скорости, динамическая характеристика позволяет решать задачи, связанные с движением машин. К их числу относится определение:

- наибольшей равномерной скорости движения по известному динамическому фактору (отложив его на оси ординат);
- наибольшего сопротивления, которое машина может преодолеть на данной передаче;
- наибольшего уклона пути по величине динамического фактора

$$i_{\max} = D_{\max} - w_0 - j.$$

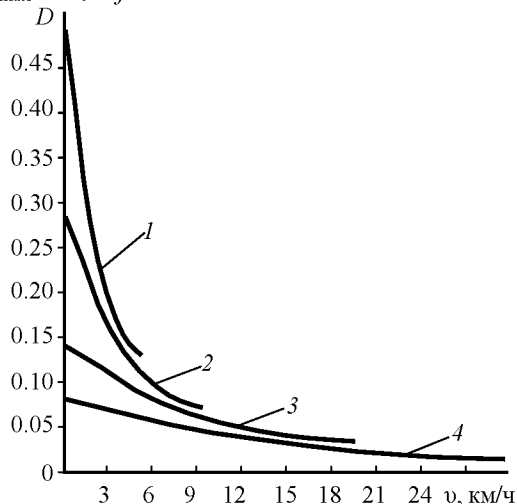


Рис. 16.15. Динамическая характеристика автомобиля-самосвала МоА3-6401-9585
1-4 - номера передач

Предельный подъем дороги ограничивается обычно скоростью движения на расчетном участке и условиями сцепления колес с дорогой. Однако скорость движения с увеличением подъема значение уменьшается, что приводит к снижению производительности машин. Поэтому обычно в качестве предельного рекомендуют уклон, обоснованный технико-экономическими соображениями, не превышающий в грузовом направлении 70–80%.

Для расчетов скорости движения автосамосвалов применяют тяговые характеристики (рис. 16.16), по которым можно также найти предельный уклон пути.

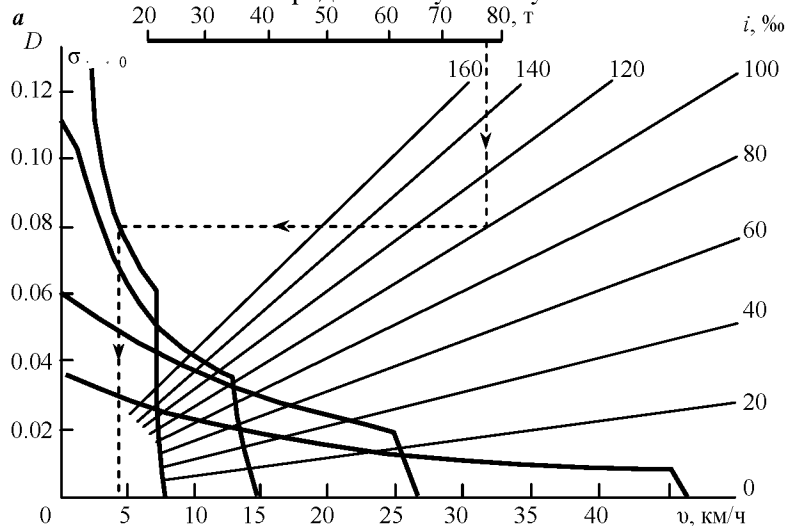


Рис.16.16. Динамическая номограмма для определения скорости движения по сопротивлению движению и уклону

Безопасная скорость на повороте

$$v_{\text{без}} = 3.6 \sqrt{gR(f_{\text{сц}} + i_{\text{в}})},$$

где R – радиус поворота, м; $f_{\text{сц}}$ – коэффициент бокового скольжения, $f_{\text{сц}} = (0.3 \div 0.4)\varphi$; $i_{\text{в}}$ – поперечный уклон виража, $i_{\text{в}} = 0.02 + 0.03$.

По характеристике продольного профиля трассы и скорости движения машины на каждом элементе профиля определяется продолжительность движения машины в грузовом и порожнем направлениях:

$$t_{\text{дв.гр}} = 60 \sum \frac{l_i}{v_{\text{гри}}} k_{\text{р.з}}; t_{\text{дв.х}} = 60 \sum \frac{l_i}{v_{\text{хи}}} k_{\text{р.з}},$$

где l_i – длина i -го участка трассы, км; $v_{\text{гри}}$ и $v_{\text{хи}}$ – скорость движения машины, соответственно в грузовом и холостом направлениях на i -м участке, км/ч; $k_{\text{р.з}}$ – коэффициент, учитывающий разгон и замедление машины на трассе, $k_{\text{р.з}} = 1.1 - 1.2$.

В этом случае общее время движения

$$t_{\text{дв}} = t_{\text{дв.гр}} + t_{\text{дв.х}}.$$

Тормозной путь машины

$$L_{\text{т}} = L_{\text{р}} + L_{\text{д}},$$

где $L_{\text{р}}$ – путь, проходимый за время реакции водителя, м, $L_{\text{р}} = 0.28v_0t_0$; v_0 – скорость в начале торможения, км/ч; t_0 – время реакции водителя, $t_0 = 0.7 \div 1.0$ с; $L_{\text{д}}$ – путь, проходимый машиной за время действия тормозов, м.

Когда тормозной вес машины $P_{\text{т}} = (P + P_0)g$,

$$L_{\text{д}} = \frac{\delta v_0^2}{254(w_0 \pm i + \varphi)}.$$

Интервал между движущимися машинами

$$l > (L_{\text{т}} + L_{\text{м}}),$$

где $L_{\text{м}}$ – габаритная длина машины.

7.13. Потребная мощность приводов транспортных машин

Суммарная мощность приводов (привода) транспортной машины (Вт)

$$N = \frac{\sum W_{\text{в}}}{\eta_{\text{ИМ}}},$$

где $\sum W$ – суммарные сопротивления движению груза, груза с тяговым или груза с тягово-несущим органом, Н; v – средняя скорость движения груза (с тяговым, тягово-несущим органом или без него), м/с; $\eta_{\text{ИМ}}$ – КПД передаточного механизма.

Для машин с тяговым органом $\sum W$ – суммарные статические сопротивления движению тягового органа

$$\sum W = W_{\text{о}} + W_{\text{ИБ}},$$

где $W_{\text{о}}$ – тяговое усилие в соответствии с тяговым расчётом, а v – скорость движения тягового органа при установившемся процессе.

Для приводных машин без тягового органа $\sum W$ – также статические сопротивления движению (винтовые конвейеры) или сопротивления с учётом их динамической составляющей (инерционные конвейеры при соответствующем режиме работы).

Ориентировочная мощность привода может быть подсчитана по величине приближенных суммарных статических сопротивлений движению $\sum \tilde{W}$. Для машин с тяговым органом

$$\sum \tilde{W} = kgL[(qw + 2q_o w_o) \cos \bar{\beta} \pm q \sin \bar{\beta}],$$

где L – длина транспортирования (расстояние между концевыми блоками), м; k – коэффициент ($k > 1$), учитывающий все местные сопротивления движению. Точность подсчёта значения $\sum \tilde{W}$ в значительной мере определяется правильным выбором этого коэффициента, который зависит от квалификации расчётчика.

Для машин без тягового органа

$$\sum \tilde{W} = qgL[w_o \cos \bar{\beta} \pm \sin \bar{\beta}],$$

где w_o – приведённый коэффициент сопротивления движению груза по несущему органу машины.

7.14 Потребляемая мощность

1. Машины непрерывного действия :

$$N_{np} = \frac{K_3 W_0 V}{1000 \eta},$$

где K_3 – коэф запаса (1.15 - 1.20); W_0 – тяговое усилие на приводном барабане; V – скорость движения тягового органа, м/с; η – КПД передачи (0.85 – 0.9).

2. Машин циклического действия

$$N_{np} = \frac{F_k V}{1000 \eta} K_3$$

где F_k – тяговое усилие на ободе ведущего колеса, V – скорость движения

7.15 Техничко -экономический расчет

Определение приведенных затрат C_{np} для сравниваемых видов транспорта или типов машин .

$$C_{np} = \mathcal{E} + EK \rightarrow \min$$

где \mathcal{E} – эксплуатационные расходы, K – капитальные затраты; E – нормативный коэффициент окупаемости капитальных затрат . Для горной промышленности $E=0.15$.

На основании серии расчетов с разными типажам и типоразмерами машин на основе сравнения приведенных затрат делается заключение о экономической целесообразности применения конкретной транспортной машины.

Контрольные вопросы.

1. Перечислите основные виды транспорта ОГР и назовите их основные преимущества и недостатки.
2. Перечислите требования, предъявляемые к транспортным машинам и механизмам.
3. Объясните конструкцию транспортных машин, используемых на открытых горных работах.
4. Сформулируйте цели и задачи расчета машин и механизмов.
5. Напишите формулы, определяющие техническую и эксплуатационную производительность машин непрерывного и циклического действия.
6. Объясните кинематическую схему машины.

Лекция 12-15

15.1 Рельсовый транспорт (Ж/Д транспорт (ЖДТ))

Общие сведения. Железнодорожный транспорт получил большое распространение на карьерах. Достоинствами железнодорожного транспорта являются высокая надежность, возможность перевозить практически любые насыпные грузы, малая зависимость его эффективности от климатических условий, применяется при больших (и средних) грузопотоках с возможностью достижения высокой производительности за счет пропуска большого числа поездов и увеличения массы до 1500-2000 т., относительно низкие удельные затраты на транспортирование, большой срок службы оборудования, возможность использования любых типов энергии и локомотивов. Железнодорожный транспорт оказывает незначительное негативное воздействие на окружающую среду.

Недостатками железнодорожного транспорта, ограничивающими область его применения, являются большая протяженность фронта работ (не менее 300-500м.), значительные радиусы поворота (не менее 80-100м.), незначительные подъемы (40-60 %), малая маневренность, значительные затраты на перемещение рельсо-шпальной решетки и контактной сети, малая механизация вспомогательных работ и большие капитальные затраты и металлоёмкость, большие затраты на оплату труда (до 40%) и низкая производительность.

ЖДТ необходимо рассматривать как систему, включающую:

- ✓ Рельсовый путь (нижнее и верхнее строение пути, элементы, типы поперечного профиля);
- ✓ Подвижной состав - локомотивы и вагоны (транспортные сосуды);
- ✓ Подсистему энергоснабжения – внешние источники подвода энергии для локомотивов с электропитанием;
- ✓ Подсистему управления, автоматизации и обеспечения безопасности (организация движения, диспетчеризация, СБЦ)
- ✓ Подсистему ремонта и технического обслуживания.

Область применения

Железнодорожный транспорт предназначен для карьеров, имеющих относительно большие размеры в плане и объемы перевозки от 20 до 150 млн. тонн горной массы в год, глубину разработки до 250 м, расстояние транспортирования внутри карьера 3-5км, на поверхности 5-15км. Грузоподъемность одного состава достигает 1,5...2,0 тыс т.

Транспортные схемы

Схемы железнодорожных путей карьера во многом определяется схемой вскрытия карьера (Рис. 12.1). Наиболее простым является план трассы при прямых съездах, но он применим при неглубоких карьерах со значительными размерами в плане (рис. 12,а). При небольших размерах карьера в плане приходится применять тупиковые (рис. 12,б) и петлевые (рис. 12,в) съезды, что обуславливает значительные маневровые операции и увеличивает длину транспортирования. В глубоких карьерах применяют спиральные съезды (рис. 12,г), что позволяет уменьшить количество пересечений путей.

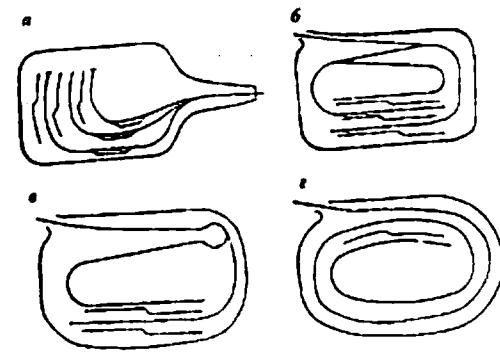


Рис. 12.1. Схемы ж/д трасс карьера

Также схемы железнодорожного транспорта определяются направлением и количеством грузопотоков. Если полезное ископаемое и вскрышные породы транспортируются по одним выездным путям, то такой грузопоток называют сосредоточенным, а если по разным коммуникациям, то такой грузопоток называют рассредоточенным.

15.2. Рельсовый (железнодорожный) путь

Условия эксплуатации

Эксплуатация Ж/Д пути сопровождается: размыванию полотна осадками и грунтовыми и поверхностными водами; при ее замерзании в балластном слое возникает вспучивание; рельсы в зимний период обледеневают, в летний и весенне-осенний – покрываются грязью, пылью и др. уменьшающими коэф. сцепления; в степных и северных регионах нередки образование на путях снежных заносов; нагрузки от движения подвижного состава разрушают Ж/Д полотно, усиливающее размыв водой – ведет к обвалам, оползням и сползание пути под уклон («угон» пути), осыпи. На временных передвижных путях возникают сложности восстановления из-за отрыва рельсов и деформации креплений, обеспечения удовлетворительного состояния основной площадки, балластного слоя.

Устройство

1. Конструкция железнодорожного пути.

Основные понятия: *трасса*, *план* и *профиль*, верхнее и нижнее строение пути.

Трассой – называется линия, определяющая положение путей в пространстве.

Продольным профилем пути – называется проекция трассы на вертикальную плоскость.

Планом пути – называется проекция трассы на горизонтальную плоскость.

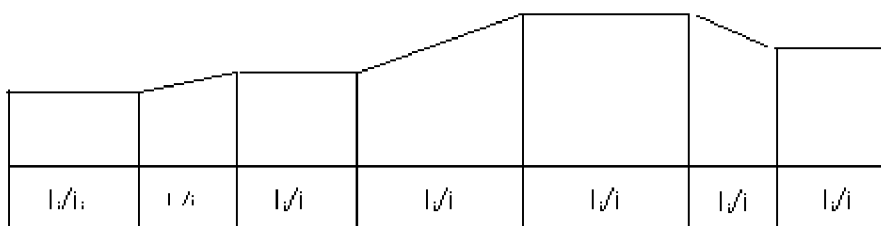
К **временным** путям (срок службы на одном месте до 1 года) относят погрузочные пути добычных и вскрышных уступов, разгрузочные пути породных отвалов и отвалов бедных руд, а также пути скользящих и тупиковых съездов, внутрикарьерных постов и разъездов. Около 30% путей в карьере – передвижные и столько же уложены на криволинейных участках. Скорость движения по ним 5...15 км/ч.

К **постоянным** путям (срок службы на одном месте более 1 года) относят главные траншейные пути, поверхностные пути к пунктам разгрузки поездов, станционные, а также пути ремонтных площадок, звеносборочных баз, хозяйственных грузов. Скорость движения по ним 20...40 км/ч. Максимальная – на перегонах (длиной 3 км и более) поверхности с незастроенной территорией.

Делятся на три категории:

Категория	Грузооборот, млн т/год	Скорость, км/ч
I	Более 22	До 65
II	10...22	До 40
III	До 10	До 25

Рассмотрим продольный профиль пути. Он характеризуется двумя (как минимум) элементами: длиной пути l_i и уклоном i_i



Очень важное понятие для тяговых расчетов имеет понятие руководящего уклона - max затяжной подъем на который поезд движется с равномерной скоростью при полном использовании силы тяги:

$i_p = 30\text{‰}$ - тепловозная;

$i_p = 40\text{‰}$ - электровозная;

$i_p = 80\text{‰}$ - мотор-вагоны.

Элементы пути

1. Прямые участки
2. Переходные кривые
3. Круговые кривые

Переходные кривые служат для обеспечения плавного перехода колес транспорта на круговые кривые. Круговые кривые имеют параметры:

1. Радиус R

2. Длина дуги l
3. Угол α
4. $T=AB$

$$K = \frac{\Pi\alpha}{180} R ; \quad \frac{T}{R} = \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} ; \quad T = \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} R$$

Для обеспечения главного хода состава необходимо чтобы длина элементов была не менее 200 – 300 м.

Минимальные радиусы принимают :

1. Для электровозной тяги стационарного пути $R \geq 200 - 300$ м.
2. Для передвижных путей $R \geq 100 - 150$ м
3. Для тепловозной тяги стационарных путей $R \geq 250 - 350$ м
4. Для тепловозной тяги передвижных путей $R \geq 150 - 200$ м

Габариты приближенного строения, пути и погрузки.

Габарит приближения строений (C_n) – это предельное поперечное очертание, внутрь которого не должны заходить никакие части сооружений и устройств, находящихся вблизи железнодорожного полотна. Исключение – устройства, предназначенные для непосредственного взаимодействия с подвижным составом (вагонные замедлители в рабочем состоянии).

Габарит подвижного состава – это предельное поперечное очертание, в котором, не выходя наружу, должен помещаться как груженный, так и порожний подвижной состав, установленный на прямом горизонтальном пути. Габариты Т (3750мм) и 1-Т (3400мм – для всех дорог МПС)

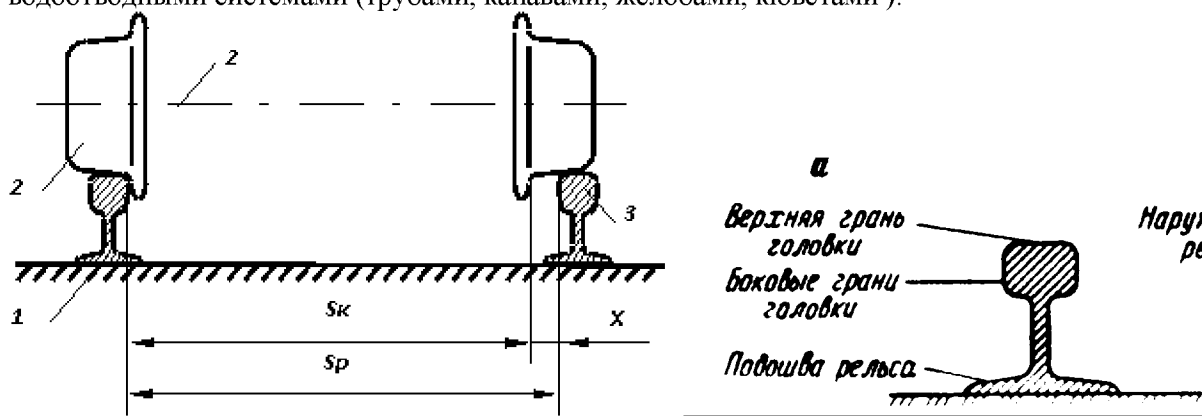
Габарит погрузки – предельное поперечное очертание, в котором, не выходя наружу, должен размещаться груз на открытом подвижном составе при нахождении его на прямом горизонтальном пути.

Колея железнодорожного пути

Две нитки рельсов образуют рельсовую колею. Основным параметром колеи является ширина, S_p , мм.

Рельсовая колея – кратчайшее расстояние между внутренними гранями головок рельс. Карьерные железнодорожные пути имеют стандартную широкую колею – 1520 мм. (ранее 1524) и узкую – 750 мм. Реже применяют колеи шириной 1000 и 900 мм. Стандартная широкая колея соответствует колее Министерства путей сообщения и исторически появилась при заимствовании Английских путей (дюймовая система, 60°) в середине 19в. По назначению, месту расположения в карьере и условиям эксплуатации подразделяются: на **временные** (со сроком службы до 1 года) и **постоянные** (со сроком службы более 1 года).

Железнодорожный путь состоит из нижнего и верхнего строений. К **нижнему строению** относится земляное полотно с искусственными сооружениями (мостами, путепроводами) и водоотводными системами (трубами, канавами, желобами, кюветами).



На открытых горных работах стандартной является ширина колеи 1520 мм (1524 мм) – широкая колея. Узкая колея – 750 мм. На угольных шахтах стандартной является узкая колея шириной 600 и 900 мм, на рудниках – 600, 750 и 900 мм.

Параметры колеи :

1. ширина

2. Расстояние между осями рельсов
3. Подуклонка α
4. Допуски по ширине и высоте.

Подуклонка рельсов способствует центрированию колес подвижного состава; подуклонка пути (без клиновидных подкладок под рельсы) - для обеспечения устойчивости поезда при прохождении кривых.

Шпалы служат для закрепления рельсов и передачи давления от подвижного состава на балласт. На подземных работах применяются деревянные и железобетонные шпалы. Срок службы деревянных непитанных шпал 2-3 года, пропитанных антисептиком 5-8 лет, железобетонных шпал 20-25 лет (используются на стационарных путях).

Число шпал на 1 км пути зависит от нагрузок на оси подвижного состава, грузонапряженности линий, скоростей движения поездов, типов рельс и балластного слоя, качества земляного полотна, плана и профиля пути. Для широкой колеи (1524 мм) оно в пределах 1440-2000 шт/км. (определяется по справочнику).

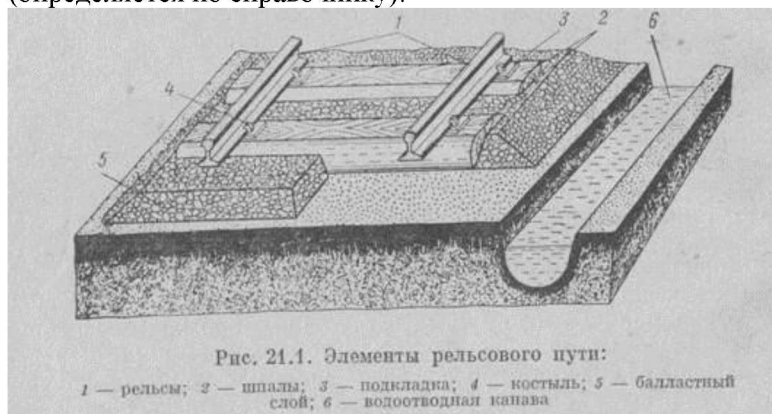


Рис. 21.1. Элементы рельсового пути:

1 — рельс; 2 — шпала; 3 — подкладка; 4 — костыль; 5 — балластный слой; 6 — водоотводная канава

Балластный слой предназначен для равномерного распределения давления от шпал на нижнее строение, предохранения шпал от сдвигания, смягчения ударов от подвижного состава, отвода воды, а также для выравнивания почвы выработки. Качество балласта на 80% определяет качество пути. Хорошим материалом для балласта является щебень твердых пород и гравий. Материалом для балласта служит щебень (размером 20-70 мм), гравий, галька, крупнозернистый песок. Расход балласта для стационарных путей составляет 1500-200 м³/км, для передвижных – 600-1000 м³/км. Толщина балластного слоя определяется свойствами грунта земляного полотна и нагрузкой на ось подвижного состава.

Допуски по ширине колеи :

1. На прямолинейных по уширению + 6 мм.
По сужению - 2 мм

По высоте:

1. На прямолинейном ± 4 мм.

На криволинейных участках определяется расчетом. :

$$\Delta h = \frac{V^2 S'}{gR} \quad - \text{максимальное превышение над внутренним (допуск)}$$

$$\Delta h = \frac{12.5V^2}{gR} \quad \Delta h \leq 125 \text{ мм}$$

Если превышает , то уменьшаем или увеличиваем R .

Земляное полотно по форме поперечного профиля (Рис. 12.2) сооружают в виде насыпей (а), выемок (б), нулевых мест (в), полунасыпей (г), полувыемок (д), полунасыпей-полувыемок (е).

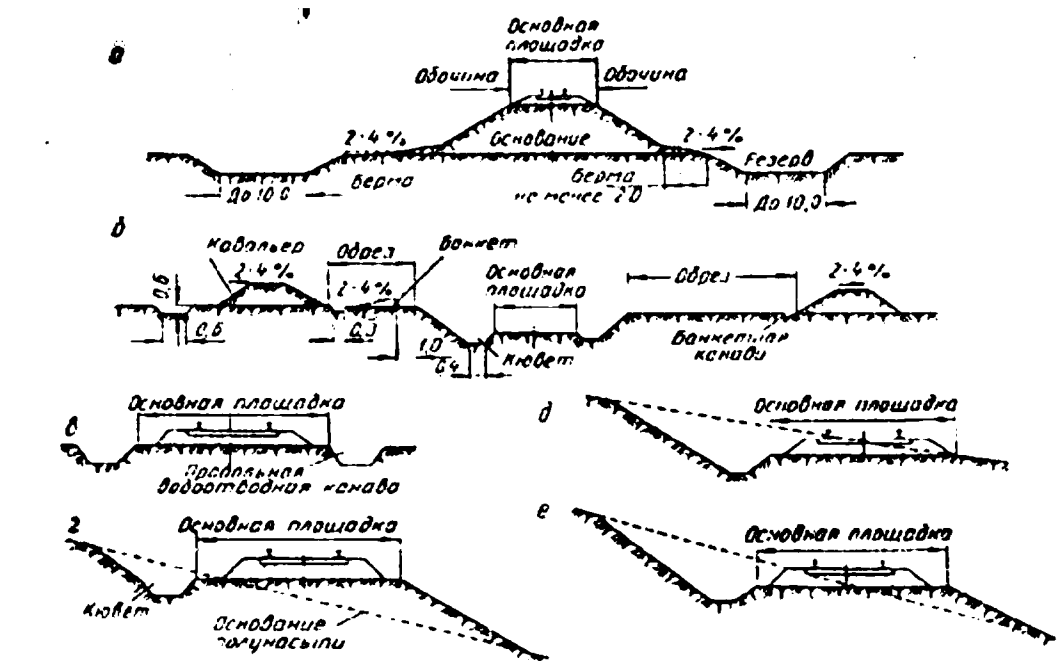


Рис. 12.2. Типы поперечного профиля земляного полотна

Часть земляного полотна, на которой размещается верхнее строение пути, называется основной площадкой. Ширина основной площадки зависит от ширины колеи, числа путей и характеристики грунта.

Для предохранения земляного полотна от разрушительного действия поверхностных и грунтовых вод предусматривают водоотводные сооружения (отвод воды от земляного полотна забойных и отвалных путей). Водоотводные сооружения выполняют в виде кюветов, лотков и нагорных канав (рис. 2).

К верхнему строению пути относятся рельсы со стыковыми и промежуточными скреплениями, шпалы, балластный слой и противоугонные устройства.

Рельсы служат для направления движущихся колес подвижного состава, восприятия и передачи давления нижележащим элементам верхнего и нижнего строения пути. За основу рельса приняты двутавровые сечения. На железных дорогах применяют как широкоподшвенные рельсы, состоящие из головки 1, шейки 2 и подошвы 3, так и старогонные, снимаемые с магистральных железных дорог (рис. 12.3).

Типы рельс: Р-43; Р-50; Р-65; Р-75 (число означает массу 1 м рельса, кг). Имеют стандартную длину 12,5 и 25 м. (Бархатный путь СПб-Москва - 800 км). Концы рельсов соединяются между собой стыковыми накладками и болтами. Тип рельс выбирается в зависимости от грузопотока. Применяют Р43, Р50 (3...5 млн.т), Р65(15...30 млн.т), Р70(более 30 млн.т и нагрузке на ось 300кН).

На шахтах применяются рельсы Р-18, Р-24, Р38 и Р-43 длиной от 6 до 12,5 м.

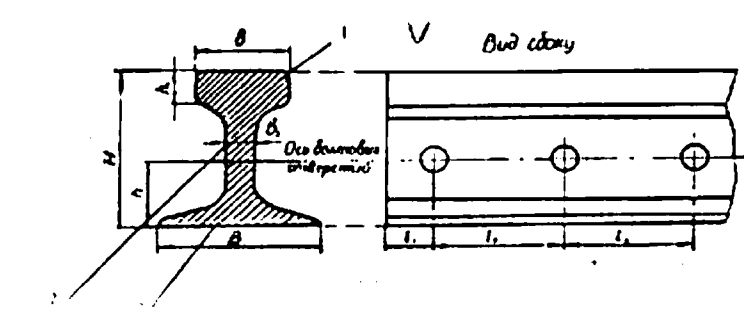


Рис. 12.3. Сечение рельса

Шпалы служат для соединения рельсовых нитей железнодорожной колеи и для передачи давления от подвижного состава на балластный слой. Шпалы карьерных железнодорожных путей изготавливают из дерева, железобетона и металла.

Деревянные шпалы выпускаются двух видов: обрезные (А), (пропилены все четыре стороны) и необрезные (Б), (пропилены только постели). В зависимости от размеров поперечного

сечения шпалы подразделяются на три типа (I – грузонапряженность пути более 10 млн т. брутто в год и нагрузка от оси подвижного состава более 250 кН, II-грузонапряженность более 10 млн т. брутто в год и нагрузка от оси подвижного состава менее 250 кН, III-грузонапряженность менее 10 млн т. брутто в год). Масса шпал непитанных 45 ... 60кг, питанных 55... 70 кг. Станд длина 2750мм.

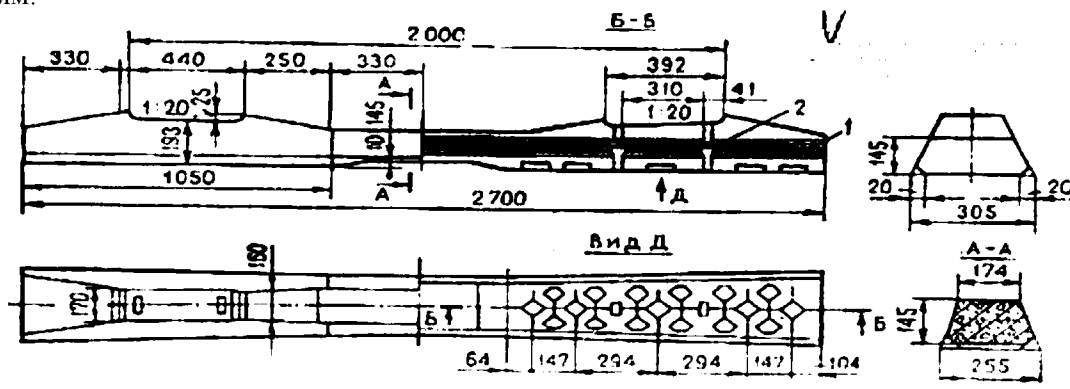


Рис. 12.4. Струннобетонная шпала ШС-1: 1- арматура; 2- закладочная шайба

Число шпал на 1 км пути (называют эпорой шпал) для колеи 1520мм зависит от нагрузки на ось, грузонапряженности, типа рельсов и скорости движения и принимается: 1440; 1600; 1840; и 2000 шт/км, на криволинейном участке их число увеличивают на 10-20%, например для 1600 принимают 1840 шт.

Долговечность стационарных путей повышается с применением железобетонных шпал. В настоящее время выпускаются струннобетонные шпалы – ШС-1 и ШС-2 (рис. 4). Их укладывают в путь под рельсы Р-50, Р-65 и Р-75 на щебеночный и асбестовый балласт на прямых и кривых участках пути I и II категории.

Металлические шпалы имеют ограниченное применение и выполняются сварными из листовой стали с ребрами жесткости.

Промежуточные рельсовые скрепления, служащие для соединения рельсов со шпалами, состоят из подкладок, крепежителей, в качестве которых применяют костыли, шурпы, клеменные или закладные болты, и противоугоны. И их подразделяют на нераздельные (при которых рельс и прокладка прикрепляются к шпале одним и тем же крепежителем), отдельные (когда рельс и подкладка крепятся одним крепежителем, а подкладка к шпале прикрепляется другим) и смешанные (при которых рельсы к шпале крепятся нераздельным способом, а подкладка дополнительно прикрепляется к шпале отдельным крепежителем). **Стыковые рельсовые крепления** состоят из накладок и болтов с гайками и шайбами (рис. 12.5).

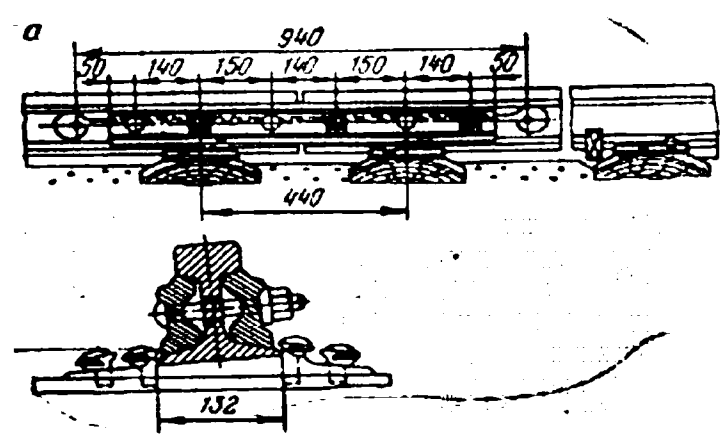


Рис. 12.5. Стык с двухголовыми накладками

Противоугоны (пружинные или самозаклинивающиеся) применяются для предохранения железнодорожного пути от угона.

Балласт служит для равномерного распределения давления, смягчения ударов от подвижного состава, отвода поверхностных вод, защиты земляного полотна от промерзания, увеличения сопротивления сдвигу рельсошпальной решетки.

Для обеспечения безопасного движения карьерных поездов необходима взаимная увязка предельных очертаний элементов пути, постоянных сооружений и подвижного состава. С этой целью различают габариты приближения строений, подвижного состава и погрузки.

Стрелочные переводы и съезды

Стрелочные переводы и съезды необходимы для перевода подвижного состава на другой путь. Основными элементами (а) являются: подвижные острия 1, рамные рельсы 2, переводные кривые 3, крестовина 4 (обычно марок 1:9 (длиной 28м, до 25 км/ч) или 1:11 (32м, до 40 км/ч) и контррельсы 5.

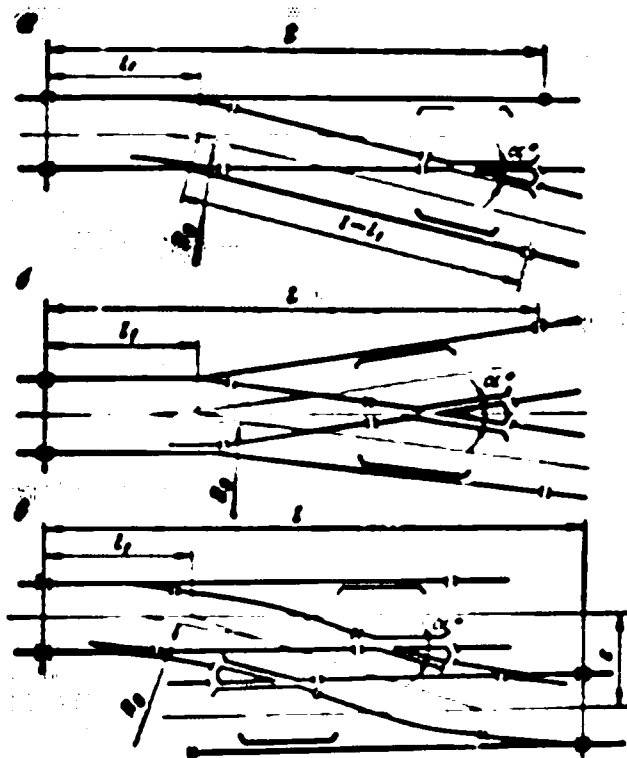


Рис. 2.8. Стрелочные переводы и съезды
 Переводы: а - односторонней перевод, б - симметричный, в - съезд односторонний

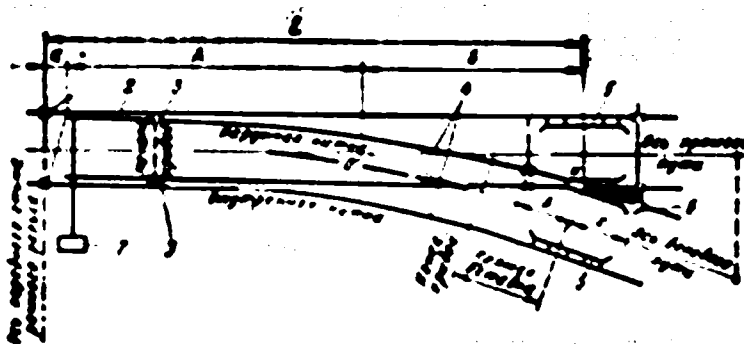
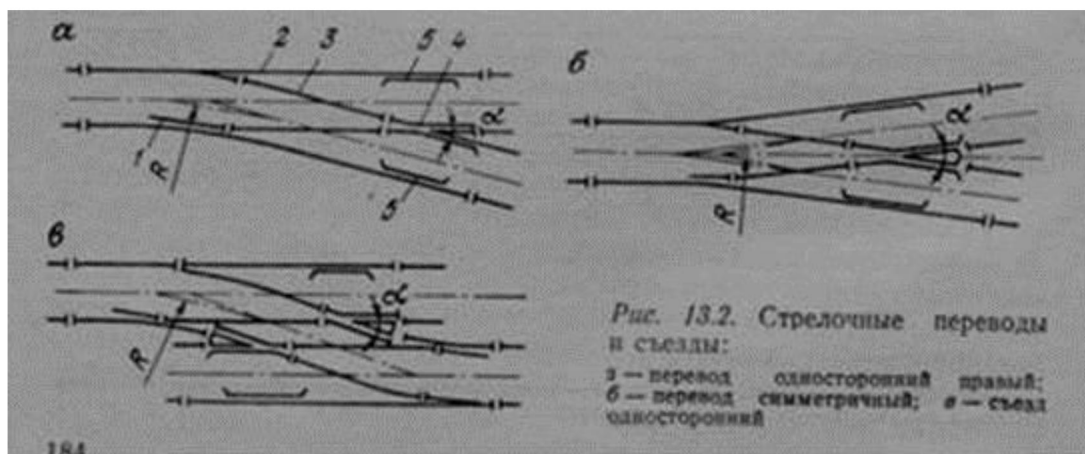


Рис. 2.8. Элементы стрелочного перевода



Различают зоны: Стрелки, соединительного пути и крестовиной части.

Стрелочный перевод состоит из остряков (перьев), рамных рельсов, переводных кривых, контррельсов, крестовины (2 усовика и сердечник) и предельного столбика(место остановки локомотива)

Содержание и ремонт

1. Общая характеристика карьерных железнодорожных путей.

По уровню механизации, составляющему в среднем 14-18%, путевые работы на карьерах далеко отстают от основных производственных процессов, имеют наибольшую трудоемкость и затраты труда. Удельный вес путевых рабочих в общем списочном составе рабочих предприятия достигает 22-27%, а в составе рабочих- транспортников 60-75%.

В зависимости от условий эксплуатации карьерные железнодорожные пути подразделяются на постоянные и временные (передвижные). Основные показатели, характеризующие постоянные и временные железнодорожные пути действующих карьеров приводятся в табл. 12.1.

Таблица 12.1.

Характеристика железнодорожных путей на карьерах.

Показатели	Тип путей	
	Постоянные	передвижные
Срок службы, лет	3-5	до 1
Удельный вес в общей протяженности	35-55	45-65
Грузооборот за год, млн. т. брутто	До 50-60	до 5
Интенсивность движения, пар поездов	до 200-220	до 18-20
Удельный вес кривых участков, %	35-50	45-70
в том числе (%) радиусом, м		
более 200	18-27	15-20
200-100	15-20	25-40
менее 100	2-3	5-10
Скорость движения поездов, км/ч	40-50	до 15
Наличие стрелочного хозяйства, %	80-95	5-20

Многолетняя эксплуатация передвижных путей показала, что костыльное скрепление не соответствует условиям их работы. При интенсивных деформациях путей в вертикальной плоскости, наличие большого количества кривых малого радиуса и частых перемещениях этих путей (до 40% объема которых приходится на зимний период) костыли быстро ослабевают, и расшатываются. В зависимости от срока службы шпал сопротивление костыля выдергиванию составляет 13-18 кН (у нового пути) и 0,5-0,8 кН (после годичной эксплуатации пути).

Обследованиями ЦНИИ МПС установлено, что на передвижных путях примерно 10-25% рельсов выходят из строя вследствие поломок при авариях и сходах подвижного состава, 10-20%

из-за изломов в стыках при просадках пути и около 5-10% из-за искривления во время взрывов и оползней, 40-50% вследствие износа в кривых малых радиусов.

2. Оборудование для перемещения рельсово-шпальной решетки.

Для выполнения работ по перемещению рельсово-шпальной решетки на карьерах с оборудованием циклического действия используются различные типы оборудования отечественного и импортного производства, легкое путеперекладочное оборудование на базе тракторов, путепередвигатели циклического действия и другие. Наибольшее распространение на этих работах получили стреловые краны на железнодорожном ходу грузоподъемностью от 15 до 50 т. (табл.12.2).

Кран К-251 смонтирован на железнодорожной платформе с двумя двухосными тележками нормальной колеи. У каждой тележки одна из осей является ведущей. Кран оснащен силовой дизель-генераторной установкой с дизелем мощностью 204 кВт. При радиусе действия стрелы 14 м грузоподъемность крана составляет 3 т.

Железнодорожные стреловые краны используются на карьерах для всех видов путевых работ. Крановое перемещение пути производится с разборкой на рельсовые звенья. Шаг перемещения пути составляет от 8-12 до 24-28 м.

Таблица 12.2

Основные характеристики кранов на железнодорожном ходу.

Показатели	Краны				
	Дизель – электрический, грузоподъемностью 25 т, завода им. С. М. Кирова.	Дизель – электрический, грузоподъемностью 25 т, типа СК – 25	Дизель – электрический, грузоподъемностью 25 т, типа К – 251	Дизель – электрический, грузоподъемностью 50 т, типа К – 501	Паровой, грузоподъемностью 25 т, типа ПЖ – 25
Вылет стрелы, м.	5-12	5,5-18	6-20	4,5-13	4,5-14
Грузоподъемность, при максимальном вылете стрелы, м.	6,0	1,0	1,0	5,0	3,0
Высота подъема крюка, при максимальном вылете стрелы, м.	3,5	13,0	17,0	5,5	7,5
Скорость подъема крюка, м/мин.	3	7,2-18	25	6,5-26	12,5
Скорость передвижения, км/ч.	3,6	6	25	19,4	6
Масса крана, т.	100	73,2	73,4	109,1	72,5

Железнодорожные стреловые краны используются на карьерах для всех видов путевых работ. Крановое перемещение пути производится с разборкой на рельсовые звенья. Шаг перемещения пути составляет от 8-12 до 24-28 м.

В ряде случаев, особенно при значительном шаге перемещения (свыше 20-22 м) эффективно используются краны на гусеничном ходу типа СГК - 25, СГК - 30 и др.

Применение тракторных переукладчиков ограничивается, в основном, шириной рабочей площадки, которая должна обеспечивать разворот и установку трактора на старой и новой трассе.

3. Организация и технология путевых работ.

Общий объем годовых технологических путевых работ в горной промышленности составляет около 10 тыс. км.

Производятся следующие виды технологических путевых работ:

- перемещение забойных и отвальных путей на новую трассу;
- укладка путей с подвозкой рельсовых звеньев;

- разборка путей с вывозкой рельсовых звеньев;
 - перемещение забойных путей, связанное с производством взрывных работ.
- Основным видом работ является перемещение путей на новую трассу, объем которых составляет 70-80%.

Технологический процесс перемещения путей на новую трассу включает:

- подготовительные работы;
- собственно переукладочные;
- ремонтно-восстановительные, послеукладочные.

Подготовительные работы – планировка земляного полотна с помощью экскаваторов, автогрейдеров, скреперов и отвальных плугов; очистка рельсо-шпальных клеток (межшпального пространства) перед поднятием звеньев. Трудоемкость работ по очистке рельсо-шпальных клеток составляет – в летний период 2-5 чел.-смен на 1 км пути.

Перемещение путевой решетки – может осуществляться непосредственно со старой трассы на новую или с перевозкой рельсовых звеньев. Перемещение путевой решетки осуществляется механизированным способом, способ перемещения и тип применяемого оборудования определяются горнотехническими условиями.

В целом на угольных и железнодорожных карьерах распределение годовых объемов работ по способам переукладки представлено в табл. 12.3.

Таблица 12.3.

Объемы переукладки пути по способам механизации

Способы выполнения и типы применяемого оборудования	Угольные		Железородные	
	км	%	км	%
Общий объем путевых работ	2770	100	3100	100
В том числе:				
Кранами	2568	92,7	1550	50
Тракторными путепереукладчиками	98	3,6	250	8
Путепередвижателями	79	2,9	1240	40
Вручную	25	0,8	60	2

Наиболее широко на карьерах применяется непосредственное перемещение путевой решетки.

Отличительной чертой данного способа является разборка пути на звенья и поперечное (относительно оси пути) их перемещение со старой трассы на новую. Рис.16.

Определяющим фактором в выборе способа механизированной переукладки путей и типа оборудования является шаг перемещения, величина которого составляет от 10-12 до 20-22 м для забойных и от 2,5-4 до 26-28 м для отвальных путей.

Большим достоинством кранов на железнодорожном ходу является возможность их быстрого перемещения к месту работы.

Послеукладочный ремонт – подача и дозировка балласта, подъемка пути на балласт, выправка пути в плане и профиле и подбивка балласта. В связи с непродолжительной эксплуатацией забойных и отвальных путей между перемещениями путь минимально поднимается на балласт, и подбивка балласта осуществляется вручную. Подача и дозировка привозного балласта (щебня, гравия, асбестовой крошки, горелой породы и др.) осуществляется в основном хоппер дозаторами. Расход балласта на 1 км пути составляет от 500-600 до 900-1100 м³, трудовые затраты при этом составляют 4-6 чел.-смен на 1 км пути.

4. Текущее содержание и ремонт путей.

Текущее содержание (ТС) пути – это комплекс работ, обеспечивающих постоянную исправность пути и зависящих от времени года, климатических условий и конструкции пути.

ТС включает:

- одиночную замену шпал и рельсов;
- перегонку шпал;
- исправление пути в плане (рихтовка);
- перешивку пути;

- регулировку стыковых зазоров;
- очистку и смазку стрелочных переводов;
- исправление просадок и перекосов пути подсыпкой или подштопкой и подбивкой баласта;
- очистку канав и кюветов;
- исправление дефектов земляного полотна.

Особенно трудоемко ТС в весенний и осенне-зимний периоды. В северных районах при отсутствии естественных преград устраиваются постоянные или временные снегозащитные сооружения. Уборку снега с путей осуществляют снегоочистителями, использующими реактивные двигатели. Продолжительность планово-предупредительных работ 4-6 дней, трудоемкость 450-725 чел.-часов на 1 км пути.

Подъемочный ремонт (ПР) пути включает:

- выправку пути со сплошной подбивкой шпал и необходимым подъемом пути;
- укладку в путь нового баласта $\approx 200 \text{ м}^3$ на 1 км пути;
- замену непригодных шпал (≈ 200 шт.), замену непригодных рельсов ($\approx 3,8$ т), накладок ($\approx 0,25$ т), подкладок ($\approx 0,37$ т), костылей ($\approx 0,17$ т) на 1 км пути.

Продолжительность ПР 4-6 дней, трудоемкость 200-1500 чел.-смен на 1 км пути.

Средний ремонт (СР) пути включает:

- очистку балластного слоя;
- замену изношенных рельсов, креплений, шпал;
- подъем пути на балласт, рихтовку, перешивку, выправку и отделку пути;
- ремонт водоотливных и укрепительных сооружений.

СР проводят через 2-4 года. При этом расходуется ≈ 400 шпал, 350 м^3 балласта и около 4 т рельсов на 1 км пути. Трудоемкость СР 1 км пути составляет 200-300 чел.-смен.

Капитальный ремонт (КР) пути включает:

- сплошную замену рельс и шпал;
- сплошную подъемку пути на новый балласт;
- замену изношенных стрелочных переводов;
- оздоровление земляного полотна;
- ремонт водоотливных сооружений.

КР проводят через 6-8 лет, трудоемкость 750-800 чел.-смен на 1 км пути.

Реконструкция пути состоит в улучшении плана и профиля участков пути, оздоровлении земляного полотна.

Практика эксплуатации показала создание звеноремонтных баз с поточными линиями для разборки, сборки и ремонта рельсошпальных решеток. Рельсошпальную решетку после 2-3 переукладок вывозят на звеноремонтную базу, а на новой трассе укладывают отремонтированные звенья. Благодаря внедрению на послеукладочном ремонте пути (и на переукладке), сокращается на 20-25%.

15.3. Подвижной состав железнодорожного транспорта

15.3.1 Вагоны подразделяются на группы по признакам :

1. По назначению
 - для путей МПС (общего назначения)
 - для выхода на пути МПС (промышленные)
2. По конструкции
 - крытые (вагоны)
 - без крыши (полувагоны)
3. по принципу разгрузки
 - с принудительной разгрузкой
 - саморазгружающиеся
4. По числу осей
 - 4-х осные
 - 6-ти осные
 - 8-ми осные
5. По принципу передвижения
 - самоходные
 - несамоходные

для рудных и скальных – думпкары

для угля – гондолы

Параметры вагонов :

1. грузоподъемность q , [Т] , [кН]
2. собственная масса q_T
3. коэффициент тары $K_T = q_T/q$
4. вместимость V_k , [м³]
5. допустимая нагрузка на ось P_0 , [кН] .

Грузоподъемность – это тах допустимое к перевозке количество грузов в т. [кН]

По грузоподъемности бывают :

- 60 т ; 85 т ; 105 т ; 135 – 145 т ; 180 т - параметрический ряд для думкаров .
- 90 т ; 135 т - для гондол .

K_T – определяет конструктивное совершенство вагонов , $K_T = 0.33 – 0.50$

Вместимость – объем кузова вагона , соответствующий полной грузоподъемности .

$$q = V_k K_H \gamma_p$$

$$V_k = \frac{q}{K_H \gamma_p}$$

Недогруз - $\Delta V = 5\%$; Перегруз - $\Delta V = 20 – 25\%$

$K_H = 1.15 – 1.20$.

Допустимая нагрузка на ось определяется конструкцией ж/д пути .

$$P_0 = (255 – 300) \text{ кН}$$

$$n = \frac{q + q_T}{P_0} \text{ - число осей .}$$

Универсальные полувагоны (гондолы) применяют для транспортирования мелкокусковых полезных ископаемых по внешней сети к потребителю и на обогатительную фабрику. Кузов такого вагона имеет вертикальные стенки и горизонтальное днище.

Разгрузка может осуществляться при открывании запирающихся механизмов крышек люков, расположенных в горизонтальном полу и образующих в положении разгрузки две наклонные плоскости, по которым груз под действием собственного веса сыпается по обе стороны от пути.

Несаморазгружающиеся полувагоны (с глухим кузовом) предназначаются не только для традиционных грузов, но и для тяжелых руд. Иногда для упрощения выгрузки материала применяют полувагоны с подъемным кузовом.

Вагоны-самосвалы (думпкары)-вагоны, разгружаемые наклоном кузова в сторону при одновременном опускании или поднятии борта, а также комбинации этих двух движений. Наклон кузова производится пневматическими цилиндрами, а открывание бортов – рычажным механизмом. Думпкары используются для транспортирования вскрышных пород, а на рудных карьерах – и полезного ископаемого. Их недостатком является ограниченная устойчивость при разгрузке, так как горная масса, ссыпаясь по борту, создает значительный опрокидывающий момент. Поэтому высота бортов вагонов самосвалов не превышает 900-1500 мм. Большое распространение на карьерах получил вагон-самосвал 2ВС-105, предназначенный для перевозки рыхлых и скальных пород и руд.

Думпкары с подъемным бортом при разгрузке образуют щель (между поднявшимся бортом и наклонным днищем кузова) сравнительно ограниченных размеров, что может привести к застреванию крупных глыб и вызвать поломки бортов. Поэтому такие думпкары чаще всего эксплуатируются при транспортировании мягких и глинистых пород, а также угля (рис. 12.6).

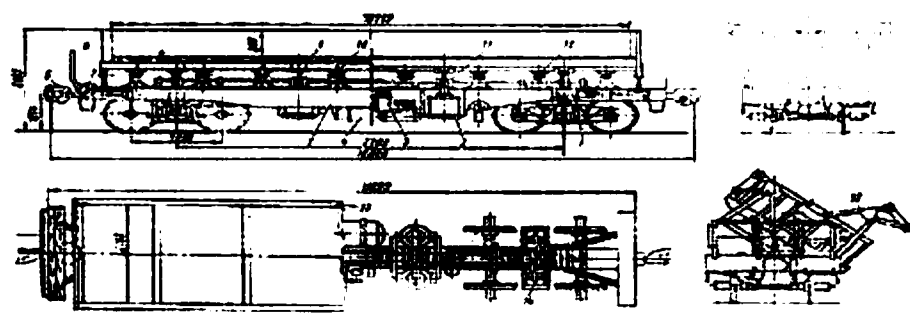


Рис. 12.6. Думпкар с подъемным бортом ВС-50

Думпкары с комбинированным бортом обладают эксплуатационными преимуществами думпкаров с откидывающимся бортом, но имеют большую устойчивость, благодаря чему допускаются повышенные значения удельного объема кузова.

Саморазгружающиеся вагоны типа **гальбот** имеют седлообразное дно и крышки в боковых бортах, закрывающие разгрузочные люки. При открывании люков транспортируемый материал разгружается под действием собственного веса по обе стороны железнодорожного полотна в разгрузочные бункеры.

Хоппер-вагон, кузов которого выполнен в форме бункера с наклонными торцевыми стенками, по которым груз ссыпается через разгрузочные люки. На открытых разработках используется для транспортирования угля и в качестве дозаторов балласта для путевых работ (рис. 12.7).

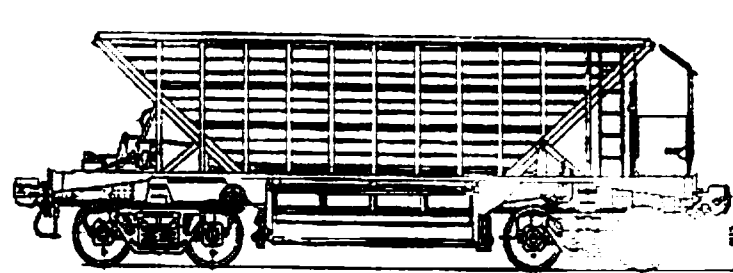


Рис. 12.7. Хоппер грузоподъемностью 65 т.

Платформы (грузоподъемностью 63 и 90 т.) используются на карьерах для доставки материалов, оборудования, при укладке звеньев пути кранами. Для перевозки тяжелого оборудования применяются специальные многоосные платформы-транспортёры, грузоподъемность которых достигает 300 т.

Основные узлы вагонов

В вагонах любого типа можно выделить общие для всех основные узлы: ходовая часть, рама и кузов, автосцепное оборудование, пневматическая система.

Ходовое оборудование представляет собой двух, трех или четырехосные ходовые тележки, масса которых достигает 40% массы вагонов(рис.12.8).

Основными частями двухосной тележки (рис. 12.8) являются колесные пары, буксы, боковая рама, наддресорная балка, рессорные комплекты и тормозное устройство. Тележка оборудуется двумя комплектами пружин (рессорный комплект состоит из семи двухрядных спиральных пружин) и тормозным устройством в состав которого входят трингели с тормозными башмаками и колодками, а также рычаги.

Трехосные тележки (б) также имеют колесные пары 1 буксы 2, по две боковые полурамы 7 опираются одним концом на буксу крайней оси, другим через балансир 6 на буксу средней оси. Нагрузка от кузова передается через Н-образные шкварные балки 4, опирающиеся на пружинные рессорные комплекты 5.

Четырехосная тележка (в) представляет собой две двухосные, объединенные соединительной балкой 8. Соединительная балка двумя подпятниками 9 опирается на подпятники наддресорных балок двухосных тележек. Кузов вагона опирается на подпятники 10 соединительной балки.

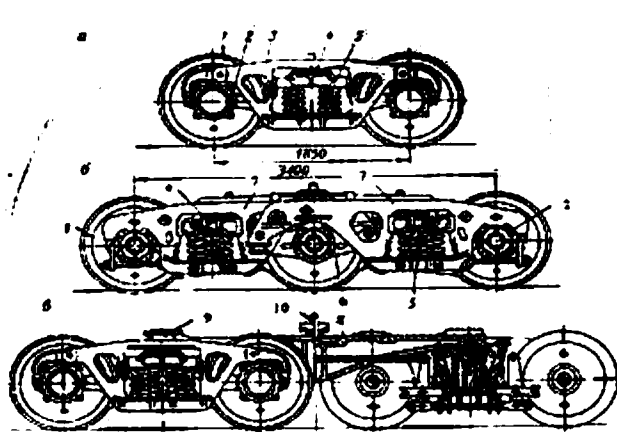


Рис. 12.8. Вагонные двух – (а), трех – (б) и четырехосные тележки (в)

Колесная пара воспринимает нагрузку всего вагона и передает ее на рельсы, а также направляет движение вагона по ним. Она состоит из оси 1 и напрессованных на нее двух колес: бандажного (2-колесный центр, 3-бандаж, 4-запорное кольцо) или цельнокатанного-5. Шейки оси служат для размещения подшипников, передающих нагрузку от вагона на ось (рис.12.9).

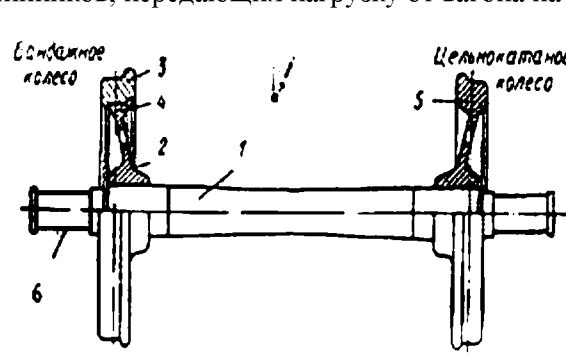


Рис. 12.9. Колесная пара

Буксы служат для передачи на ось статических и динамических нагрузок и обеспечения вращения колес. Букса представляет собой корпус, в котором размещаются подшипники, напрессованные на шейку оси колесной пары, и лабиринтные кольца, защищающие подшипники от пыли и влаги.

Рессоры, через которые кузов опирается на колесные пары, служат для уменьшения динамических воздействий на отдельные узлы вагона. Основное распространение получили рессоры в виде стальных винтовых цилиндрических пружин.

Рама представляет собой часть вагона, несущую на себе кузов, тормозное и автосцепное оборудование, а также пневматические цилиндры для опрокидывания кузова. Может выполняться заодно с кузовом (несаморазгружающиеся вагоны) или независимо от кузова (думпкары).

Рама (рис.12.10) вагона состоит из центральной продольной балки 1, по концам которой размещаются автосцепные устройства, и двух продольных боковых балок 2 (иногда могут отсутствовать), двух поперечных балок 3 с подпятниками и ползунами для передачи нагрузки на

тележки, двух концевых 4 с расположенными на них ударно-центрирующими приборами и корпусами автосцепки, а также необходимого числа поперечных балок 5, устанавливаемых в зависимости от длины вагона для создания необходимой прочности и жесткости. К цилиндрическим поперечным балкам 3 крепятся цилиндры для опрокидывания кузова думпкара.

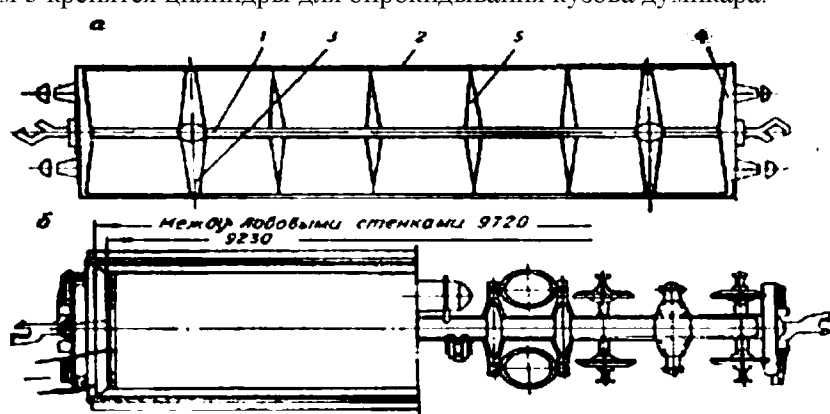


Рис. 12.10. Рама вагона

Пневматическая система служит для приведения в действие тормозных фрикционных устройств, а для думпкаров и для приведения в действие цилиндров разгрузки вагонов. Питание пневматической системы вагона осуществляется по двум отдельным магистральным трубопроводам: тормозному и разгрузочному.

Автосцепное оборудование служит для соединения вагонов между собой и с локомотивом, а также для передачи и смягчения растягивающих и сжимающих усилий, возникающих при движении поезда (рис. 12.11).

В состав автосцепного устройства входят автосцепка 1 (например СА-3, выполняемая в виде стального литого корпуса, головка которого имеет большой 6 и малый 7 зубья, образующие зев. Внутри зева расположен замок 8. При столкновении вагонов малые зубья автосцепок входят в зевы и занимают крайние положения, тогда замки освобождаются и, возвращаясь в исходное положение, запирают автосцепки, так как занимают пространство между малыми зубьями и препятствуют их обратному выходу. Для расцепления служит рычаг, воздействующий на расцепное устройство

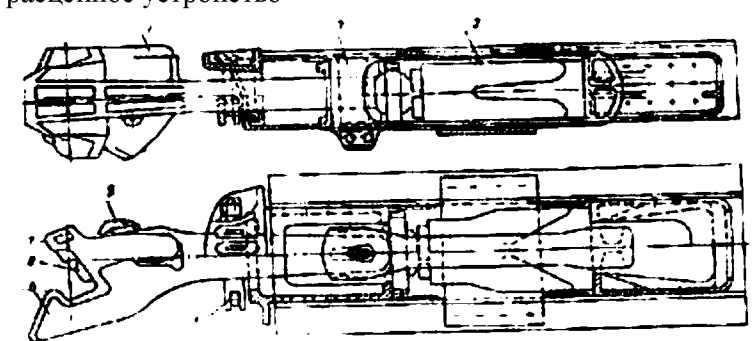


Рис. 12.11. Автосцепное устройство

Обслуживание и ремонт

Существуют четыре вида ТО и два вида ремонтов.

Первое (ТО-1) производят в составах. Состоит в (ежесменном) осмотре вагонов на остановках, во время погрузки и разгрузки, а также контроле за правильностью погрузки и разгрузки.

Второе и третье (ТО-2 и ТО-3) предусмотрены для вагонов, имеющих неисправности, которые нельзя устранить за время стоянки на станциях (смена колесной пары, буксы, крышки разгрузочных люков, тормозные цилиндры и т.д.). То есть «отцепочный» ремонт выполняют в депо и на путях ПТО, причем в депо ремонтируется около 25% всех вагонов, требующих «отцепочного» ремонта.

Четвертое (ТО-4) производят в сроки, устанавливаемые предприятиями. Обычно это – один-два месяца. Выполняют его в депо на специальных стойлах. Вагоны при ТО-4 простаивают 4-6 ч.

При этом выполняются операции ТО-2 и ТО-3 и, кроме этого, полная ревизия деталей и узлов вагона.

Плановые виды ремонтов учитывают типы вагонов, условия и интенсивность их эксплуатации, конструктивные особенности, степень износа и надежность отдельных деталей и узлов.

Капитальный ремонт (заводской) производят один раз в три года для карьеров черной и цветной металлургии и один раз в четыре года для карьеров угольной промышленности.

Время простоев вагонов в капитальном ремонте 6-8 сут.

Текущий ремонт (дневной) проводят ежегодно, время простоя 1,5 – 2 сут.

Во время заводского ремонта вагон полностью разбирают, освидетельствуют все его элементы, заменяют изношенные части новыми.

На многих предприятиях в систему ТО и Р входит обработка вагонов профилактическими средствами, предотвращающими прилипание и примерзание перевозимого груза к кузову. Для этого существует несколько способов обработки:

- подогрев днищ думпкаров;
- подсыпка днищ дробленой породой, шлаком и т.п.;
- покрытие днищ и стенок думпкаров морозоустойчивыми жидкостями (соль, отработанное масло и т.п.).
- покрытие различными инертными материалами (***, *** - продукты переработки нефти и др.).

Первые из двух перечисленных средств обладают недостатками, к которым относятся:

- дороговизна и сложность практического осуществления;
- подсыпка удерживается, да и то неравномерно, только на полу, оставляя стенки и борта незащищенными.

Широко применяется покрытие раствором поваренной соли, как наиболее дешевое. Раствор поваренной соли может быть различной концентрации, но при температурах -25° до -40° С наилучший результат дает 3-4% раствор. Раствор соли, соприкасаясь с породой, проникает в нее, снижая температуру замерзания.

На один думпкар грузоподъемностью 105 т с учетом 50% потерь требуется 30-35 л раствора.

Порядок работ:

К месту хранения соли “6” непосредственно примыкает помещение, где в баках или чанах “4” готовят раствор соли. Соль подают с помощью конвейера, расположенного в проходе “5”, а воду по трубам ($t=+60^{\circ}$ С). Раствор готовят $\approx 30-35$ мин., затем подают в промежуточный сборник “3”, а оттуда насосами “1,2” по мере необходимости к опрыскивающим устройствам “8”, которые располагают так, чтобы проходящие со скоростью 2-3 км/ч думпкары “7” опрыскивались на ходу.

Для опрыскивания применяют форсунки специальной конструкции.

Малотоксичны и эффективны специальные профилактические вещества (ниогрин, северин и др.), но они дороже. Состав из 6-8 вагонов обрабатывается за 1,5-2 мин. Пропускная способность пункта 10-12 составов в час.

15.4. Локомотивы

По конструкции и принципу действия :

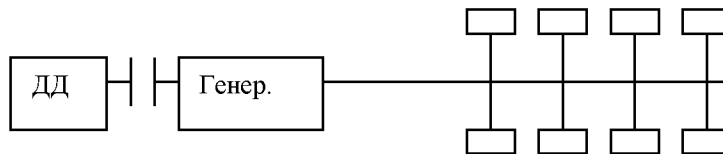
1. паровозы
2. тепловозы
3. электровозы

1. Паровозы применяются только на некоторых карьерах , как дополнительный транспорт

Недостатки :

- Низкий КПД
- Значительные потери скорости на подъем
- Сложная экипировка
- Тяжелые условия работы

2. Тепловозы – агрегат в котором первичной двигательной установкой является дизель , а тяговыми электродвигатели постоянного тока .



Достоинства :

1. полная автономность в работе
2. высокий КПД

Недостатки:

1. значительная потеря скорости на подъемах
2. сложность конструкции и техн. Обслуживание
3. сложность экипировки
4. более большая стоимость
5. большие габариты

3. Электровозы – основные агрегаты .

Электровоз в комплексе с моторными вагонами называется тяговым агрегатом .

Достоинства :

1. высокая скорость на подъем
2. способность к большим перегрузкам в 2 – 3 раза
3. возможность работы по системе многих единиц
4. простота экипировки
5. хорошие условия работы персонала
6. при погрузки и разгрузки электровоз потребляет мало энергии
7. малая чувствительность к климату

Параметры локомотивов :

1. сцепной вес $P_{сц}$, кН
2. удельная мощность $n_{уд} = \frac{N}{P_{сц}}$, кВт/кН
3. часовая и длительная мощность $N_{ч}$, $N_{дл}$, кВт.
4. часовой и длительный ток $I_{ч}$, $I_{дл}$, А
5. конструктивная скорость $V_{к}$, км/ч
6. конструктивный радиус поворота R
7. осевая формула

1. Сцепной вес – вес локомотива , приходящийся на ведущие оси локомотива , т.е. вес , участвующий в силе тяги .

По сцепному весу электровозы делятся :

$$P_{сц} = 950 - 1250 \text{ кН}$$

$$P_{сц} = 135 - 1500 \text{ кН}$$

$P_{сц} > 1500 \text{ кН}$

Тяговые агрегаты состоят из электровоза (ЭВ) и одного–двух моторных вагонов–думпкатов (МВ).



$P_{сц} = 3600 - 3800 \text{ кН}$

EL – 2 $P_{сц} = 1000 \text{ кН}$

EL – 1 $P_{сц} = 1500 \text{ кН}$

21 E $P_{сц} = 1500 \text{ кН}$

26E $P_{сц} = 1800 \text{ кН}$

Д-94 $P_{сц} = 940 \text{ кН}$

У тепловоза цепной вес равен физическому весу .

2. Удельная мощность

$N_{уд} = 11 - 14 \text{ кВт/т}$

3. Часовая мощность – мощность , которую он развивает в течении часа без перегрева тяговых двигателей сверх нормы .

Длительная мощность – мощность , которую двигатель развивает в течении длительного времени .

4. Часовой и длительный ток – соответствуют $N_{ч}$ и $N_{дв}$.

5. Конструктивная скорость – max скорость , которую развивает локомотив .

Часовая скорость – в течении часа .

Схемы питания тяговых двигателей электровоза .

Схемы питания :

- Постоянного тока
- Переменного тока

Основные типы и параметры карьерных локомотивов

Локомотивы на электрической тяге представляют собой одно- или многосекционные локомотивы – электровозы, а на тепловой тяге тепловозы (на карьерах применяются одиночные электровозы постоянного тока EL1 и EL2 и 26E, а также электровоз переменного тока Д94).

Большое распространение получила комбинация этих двух видов тяги, реализованная в **тяговых агрегатах**, представляющие собой многосекционные локомотивы, каждая из секций которых развивает соответствующую часть тягового усилия и имеет определенное функциональное назначение. В состав тягового агрегата входят следующие секции: электровоз управления (ЭУ), секция автономного питания (ДС) и моторный думпкар (МД). **Электровоз управления тягового агрегата** содержит аппаратуру для управления и питания всех двигателей тягового агрегата.

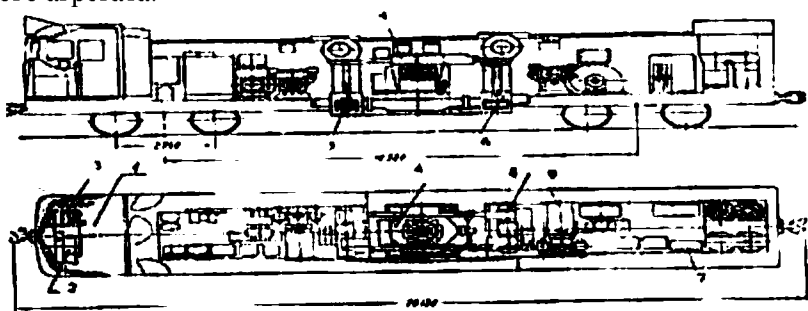


Рис. 15.1 Размещение оборудования на электровозе управления тягового агрегата переменного тока

На электровозе управления тягового агрегата переменного тока расположены пульт управления (кабина машиниста 1 и его помощника 2 с измерительными приборами 3 и механизмами управления), тяговый трансформатор 4, выпрямительные установки 5 со сглаживающим реактором 6, пуско-тормозные сопротивления 7, мотор-компрессор 8 (для снабжения поезда сжатым воздухом) и блок мотор-вентилятора 9. А на электровозе управления тягового агрегата постоянного тока отсутствуют трансформатор и выпрямительная установка (рис. 15.1).

Секция автономного питания имеет дизель-генераторную установку мощностью 1000-1500 кВт для питания всех секций тягового агрегата при движении по неэлектрофицированным путям. На секции автономного питания размещены дизель-генераторная группа 2, аккумуляторная группа

3, вентилятор 4, а также кабина 1 (для автономного управления с секции) и различная измерительная аппаратура и аппаратура защиты (рис. 15.2).

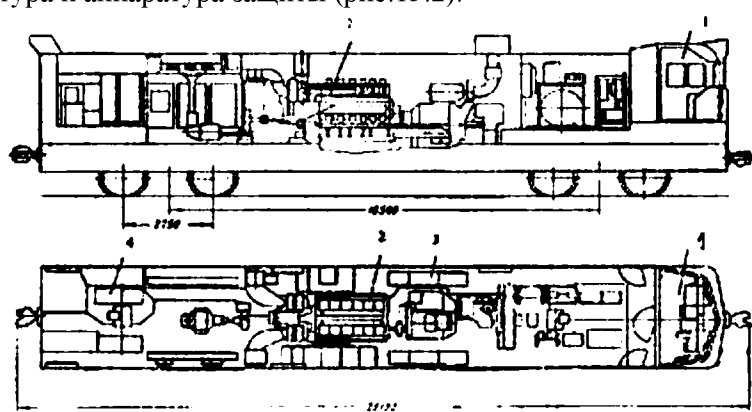


Рис. 15.2. размещение оборудования на секции автономного питания тягового агрегата ОПЭ1

Моторный думпкар представляет собой комбинацию думпкара и тяговой единицы, так как оси его приводные (рис. 15.3).

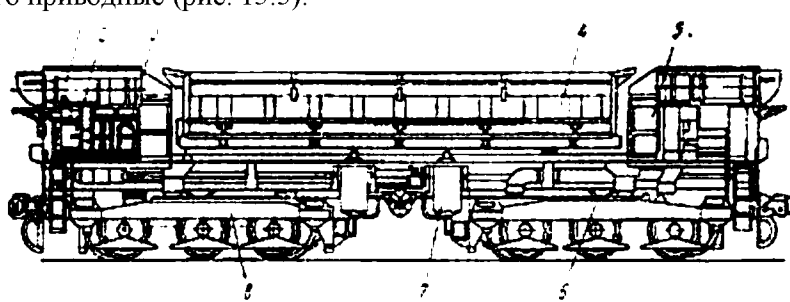


Рис. 15.3. Схема расположения оборудования на моторном думпкаре

Компоновка оборудования на локомотиве выполняется с учетом равномерного распределения нагрузок на колесные пары, удобства обслуживания, группировки аппаратов в блоки и безопасности обслуживания.

Существуют различные сочетания секций тягового агрегата:

- 1) электровоз управления как самостоятельная тяговая единица (работают 4 тяговых двигателя в контактном режиме);
- 2) электровоз управления в сцепе с секцией автономного питания (работают 8 тяговых двигателей в контактном режиме);
- 3) секция автономного питания как самостоятельная тяговая единица (работают все двигатели – 8 или 12 в автономном режиме);
- 4) электровоз управления в сцепе с секцией автономного питания и моторным думпкарком (работают все 12 двигателей в контактном или автономном режиме);
- 5) электровоз управления с одним или двумя моторными думпкарами (работают 8 или 12 двигателей).

Как правило тяговые агрегаты оборудуются следующими видами тормозов: пневматическим поездным, ручным с приводом на все колесные пары, электромагнитным рельсовым и электрическим реостатным. Для экстренной остановки используют пневматический и электромагнитный рельсовый тормоза. Ручной тормоз служит для удерживания тягового агрегата при длительной стоянке. Электрический реостатный тормоз служит для поддержания скорости и ее регулирования при движении поезда.

Локомотивы на тепловой тяге (тепловозы) различают на имеющие механическую (мотовозы), гидромеханическую и электромеханическую передачи.

Тепловозы с механической и гидромеханической передачами имеют ограниченное применение на карьерах (обычно на вспомогательных работах). В основном используют тепловозы с **электромеханическими передачами** (при этом система дизель-генератор постоянного или переменного тока питает электрической энергией тяговые осевые электродвигатели и вспомогательные машины).

Тепловоз ТЭЗ может работать в одном и двухсекционном исполнении (2ТЭЗ). Каждая секция сцепной массой 125 т. имеет дизель мощностью 1470 кВт. Дизель 5 и главный генератор 4 установлены в центре тепловоза на общей раме 10 и представляют собой единый силовой агрегат – дизель-генератор, общая масса которого достигает 30 т. Мощность от вала дизеля отбирается через и передний 3 и задний 6 редукторы для привода агрегатов вспомогательного оборудования. С передним редуктором связаны вентилятор 2, служащий для охлаждения двигателей передней тележки и двухмашинный агрегат 1, состоящий из возбuditеля, питающего обмотку главных полюсов, и вспомогательного генератора низкого напряжения для управления освещением и т.д. с задним редуктором связан вентилятор для охлаждения двигателей задней тележки 7, тормозной компрессор 8 и вентилятор холодильника 9 (для охлаждения воды и масла). Между кабиной и машинным отделением расположена высоковольтная камера, в которой размещены электрические аппараты электровоза. По обеим сторонам дизеля размещены аккумуляторные батареи. Рама тепловоза опирается на две трехосные тележки 11 с электродвигателями постоянного тока и последовательного возбуждения на трамвайной подвеске (рис. 15.4).

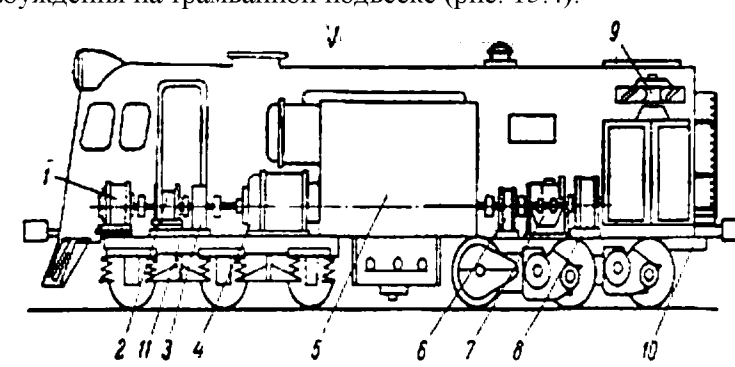


Рис. 15.4. схема расположения оборудования на тепловозе с электрической передачей (ТЭ-3Т)

Тепловозы характеризуются автономностью работы и сокращением времени на переукладку неэлектрофицированных путей, но вместе с тем, капитальные затраты на приобретение повышаются на 15-20%, а преодолеваемые уклоны ниже, чем при электрофицированном транспорте.

Основные узлы локомотивов

Локомотив состоит из **механической, пневматической и электрической** частей. К **механическому оборудованию** относятся тележки и кузов.

Кузов карьерного локомотива может быть будочного (ОПЭ1А, ОПЭ1Б) или вагонного (ОПЭ1, EL10) типа.

Кузов будочного типа имеет центрально расположенную кабину управления и два откоса по обе стороны от нее. В кабине размещаются посты управления и контрольные приборы, в скосах – основное оборудование. Для обеспечения хорошей видимости и кругового обзора кабина машиниста уширена по отношению к скосам кузова, а все оборудование размещено на крыше кабины машиниста.

У **кузова вагонного типа** кабины управления расположены по торцам, а оборудование в центре.

Тележки электровозов, электровозов управления, секций автономного питания и моторных думпкаров унифицированы.

Тележка состоит из рамы 1, колесных пар 2 с буксами 3, рессорного подвешивания 4 и тормозной системы (рис. 19). Также между боковинами рамы на каждой оси размещается тяговый электродвигатель и тяговая передача 6, приводящие ходовую ось во вращение.

рис. 19. Тележки тяговых агрегатов и локомотивов

Рама тележки объединяет все узлы и служит для распределения веса кузова с оборудованием и боковых усилий, возникающих при прохождении криволинейных участках трассы, через рессоры на колесные пары.

Колесная пара состоит из оси 1, двух колесных центров 2 с бандажами 3 и одного или двух зубчатых колес 4 (рис. 15.5,а). В зацепление с зубчатыми колесами 4 входят шестерни 5, насаженные на оба конца вала 7 тягового электродвигателя 6, закрепленного проушинами 8 на оси 1 и механизмом 9 к раме тележки 10 (рис. 15.5,б). На концах оси предусмотрено закрепление буксовых подшипников шайбами.

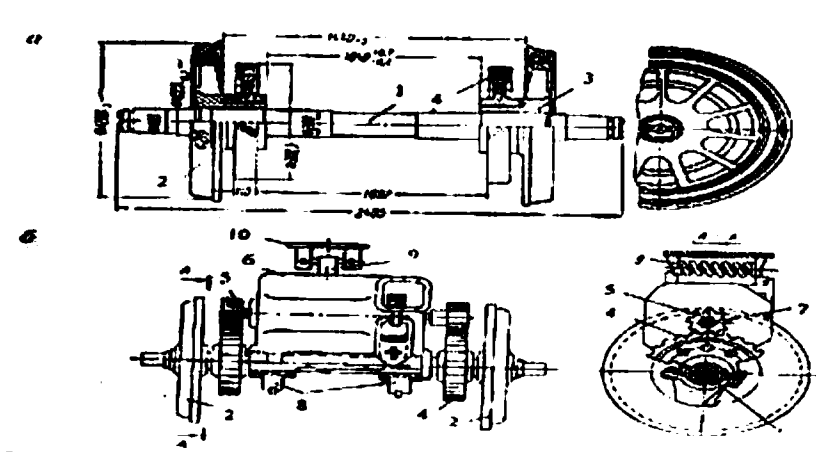


Рис. 15.5. колесная пара электровоза (а) и подвеска тягового двигателя

Буксы служат для передачи усилий от колесных пар к раме тележки.

На электровозах Д-94 и большинстве тяговых агрегатов используются буксы с подшипниками качения, которые состоят из корпуса 1, двух подшипников 2 с роликами 3, лабиринтного уплотнения 4, торцевого бортового кольца 5 для передачи осевых сил на шейку корончатой гайки со стопорным кольцом 6 и смотровой крышкой 7 (рис. 15.6).

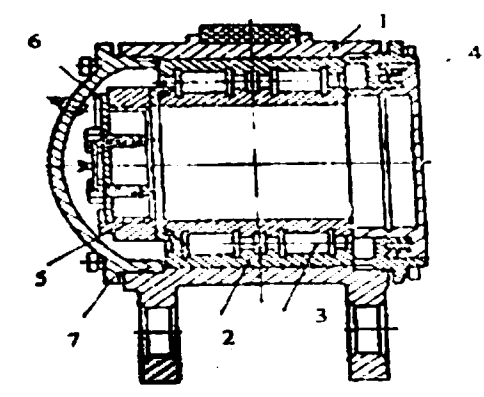


Рис. 15.6. Букса с подшипником качения

Рессорное подвешивание обеспечивает смягчение динамических усилий, передаваемых от колесных пар, и равномерное распределение нагрузки между осями. Для смягчения ударов используются листовые рессоры 1 и цилиндрические пружины 2, амортизирующие удары при прохождении небольших неровностей пути. Нагрузки распределяются балансиром 3, соединяющим рессоры от дельных осей. Группа сбалансированных рессор представляет собой одну точку подвешивания (рис. 15.7).

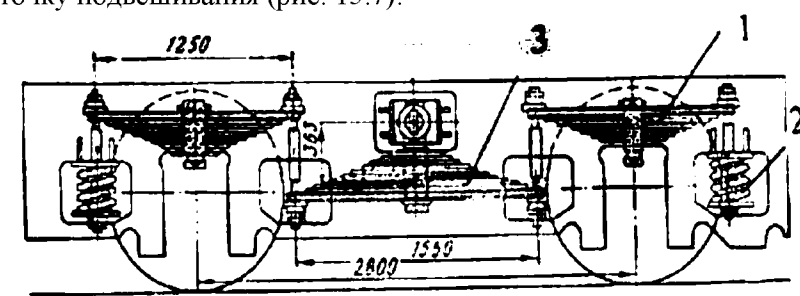


Рис. 15.7. Схема рессорной балансирной подвески тележек электровоза

Также каждая тележка имеет индивидуальную тормозную систему, состоящую из двух тормозных цилиндров, тормозной рычажной передачи, тормозных башмаков, в которых укрепляются тормозные колодки.

К пневматической части электровоза и тягового аппарата относятся следующие системы:

- 1) тормозной, служащей для воздушного торможения локомотива и состава;
- 2) управления, обслуживающей сжатым воздухом приборы управления с пневматическим приводом;

3) вспомогательной, обслуживающей сигнализацию, сеть пескоподачи и разгрузки думпкаров.

На локомотивах применяют **пневматические и автоматические прямодействующие и непрямодействующие тормоза.**

Схема **автоматического непрямодействующего тормоза** включает в себя резервуары 1 и тройные клапаны 2. При зарядке тормозной системы магистраль 7 соединяется с главным резервуаром 9. Под давлением воздуха тройные клапаны приходят в действие и соединяют магистраль 7 с запасными резервуарами, а тормозные цилиндры 4 – с атмосферой. При этом колодки 5 отходят от колес и растормаживают их. При повороте крана 8 в положение, соответствующее торможению, или при разрыве воздушной магистрали давление воздуха в системе резко понижается, тройные клапаны отключают магистраль от запасных резервуаров и соединяют с тормозными цилиндрами. Воздух из запасных резервуаров поступает в тормозные цилиндры и, передвигая поршни 3, прижимает колодки к колесам (рис. 15.8).

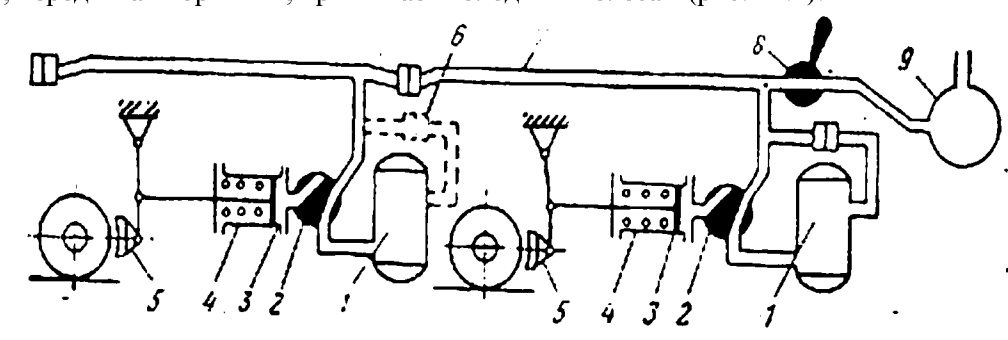


Рис. 15.8. Схема автоматического непрямодействующего тормоза

Автоматический прямодействующий тормоз содержит дополнительный обратный клапан 6, обеспечивающий прохождение воздуха в запасные резервуары при торможении и препятствующий выходу воздуха из запасных резервуаров в магистраль.

К **электрическому оборудованию** относятся электродвигатели, пускорегулирующая аппаратура, токоприемники и электромагнитные тормоза.

На карьерных электровозах применяются двигатели постоянного тока последовательного возбуждения (простота конструкции, большая перегрузочная способность, автоматическое снижение частоты вращения при увеличении нагрузки). Скорость движения определяется по формуле:

$$v = (U_{дв} - IR) / (c\Phi),$$

где $U_{дв}$ – напряжение, В; I – нагрузочный ток, А; R – сопротивление цепи двигателя, Ом; c – коэф, зависящий от числа пар полюсов, параметров обмотки, диаметра колеса и передаточного отношения вала двигателя к оси колесной пары; Φ – магнитный поток двигателя Вб.

Развиваемая электродвигателем сила тяги, отнесенная к ободу колеса:

$$F = 0,367c\Phi I - \Delta F, \text{ где } I - \text{нагрузочный ток, А; } \Delta F - \text{уменьшение силы тяги вследствие}$$

потерь в двигателе и в механической передаче, Н. Эти зависимости приводятся на электромеханической характеристике двигателя и используются для нахождения скорости.

Для трогания с места локомотивов постоянного тока двигатели соединяются последовательно или последовательно-параллельно, и в их цепь дополнительно включаются резисторы, ограничивающие пусковой ток. Повышение напряжения на зажимах двигателя (повышение скорости) достигается последовательным выключением секций пусковых резисторов. Дальнейшее увеличение скорости движения осуществляется переходом на параллельное соединение двигателей и выводением пусковых резисторов (электровозы EL1, EL2, тяговые агрегаты ПЭ2, ПЭ2М).

Электрическое торможение осуществляется при вращении посредством зубчатой передачи якорей двигателей и обращении последних в генераторы постоянного тока: при поглощении энергии, вырабатываемой генераторами, сопротивлениями и превращении ее в тепло возникает тормозной эффект.

Электромагнитный тормоз состоит из тормозного башмака, имеющего три секции стальных магнитопроводов – полюсов 2 и катушек 3. К магнитопроводам крепятся съемные накладки 4,

трущиеся об рельс. На каждой тележке электровоза или моторного вагона размещается по два башмака (рис. 15.9).

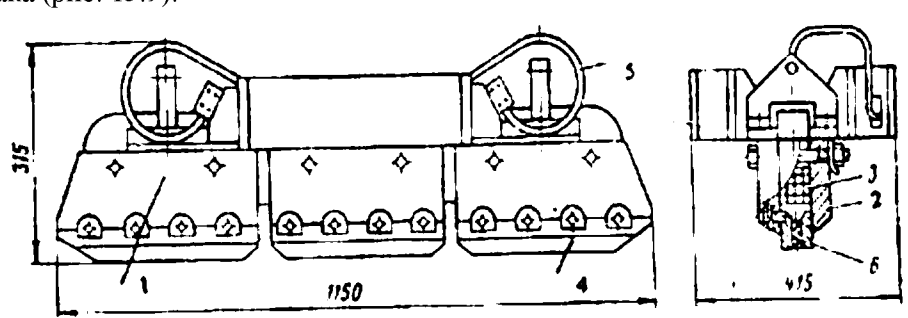


Рис. 15.9. тормозной башмак электромагнитного рельсового тормоза

Для питания электрической энергией силовая цепь подключается с одной стороны к контактной сети через токоприемники, а с другой – через ходовые части подвижного состава к рельсам, служащим обратным проводом, крепятся съемные накладки 4, трущиеся об рельс.

15.5. Обслуживание и ремонт подвижного состава на открытых работах

1. Условия эксплуатации локомотивов и вагонов на карьерах.

Условия работы локомотивов и вагонов на карьерах относят к разряду тяжелых.

В рудничной атмосфере содержатся мельчайшие частицы кварцита и других абразивных материалов, концентрация которых в пунктах погрузки и разгрузки достигает 600-800 мг/м³. Такая абразивность вызывает интенсивный износ узлов локомотива, особенно дизеля тягового агрегата. Дизель мощностью 1000-1800 кВт потребляет воздуха около 3м³/с и поэтому даже при высокой степени его очистки в цилиндры попадает значительное количество абразивной пыли.

Частое включение и выключение локомотива приводят к значительным динамическим нагрузкам, вызывающим выход из строя отдельных узлов. Так, среднее число циклов за сутки работы локомотива составляют: компрессоров – 336, кранов машиниста – 430, воздухораспределителя – 610, регулятора давления – 336, тормозного цилиндра – 710. Вместе с тем, например, к качеству ремонта тормозных устройств предъявляют повышенные требования: безотказность тормозных приборов за 360 суток должна быть не ниже 0,999.

Условия эксплуатации думпкаров также относят к разряду тяжелых по следующим причинам:

- очень высокий уровень интенсивного использования, производительность вагона достигает 10 тыс. т-км/сут;
- в процессе погрузки экскаваторами думпкар испытывает значительные динамические ударные нагрузки, при этом масса отдельных кусков достигает 3-3,5 т при общей массе одновременно падающего груза 15-20 т.
- значительную часть времени вагоны перемещаются по временным путям, поэтому думпкары часто сходят с рельс, ломаются отдельные детали.

Количественная и качественная характеристика отказов транспортного оборудования зависит еще от сезона работы и климатических условий.

2. Структура железнодорожного эксплуатационного хозяйства карьеров.

Сооружения и устройства железнодорожного эксплуатационного хозяйства проектируются в соответствии с СН и П. Ремонтные хозяйства в основном проектируются объединенными – для ремонта локомотивов, вагонов, железнодорожных кранов, путевых машин и механизмов, с общими мастерскими, общей территорией и административно-управленческим аппаратом.

При размещении эксплуатационного хозяйства карьера следует учитывать:

- уменьшение непроизводительных пробегов локомотивов и вагонов в ремонт и из него;
- возможность дальнейшего развития тягового хозяйства (примыкание новых линий, строительства вторых путей и т.д.);
- удобство примыкания эксплуатационной службы к станциям при наименьшем числе пересечений маршрутов.

В состав ремонтного хозяйства входят:

- локомотивные и вагонные (или совмещенные) депо;
- пункты технического обслуживания (ПТО) локомотивов и вагонов;
- пункты подготовки вагонов под перевозку;

- экипировочные хозяйства;
- устройства для мытья подвижного состава;
- установки для испытаний локомотивов и другие сооружения для текущего ремонта и содержания подвижного состава.

15.6. Теория реализации силы тяги

Уравнение движения поезда

Режимы движения

15.6. Расчет рельсового транспорта

15.6.1. Расчет электровозного транспорта

Исходными данными к расчету являются: годовая производительность карьера; параметры, характеризующие режим работы предприятия; физико-механические свойства транспортируемых грузов; план и продольный профиль расчетной трассы; технико-экономические показатели работы транспорта на предприятии-аналоге за последние 5 лет.

Перед выполнением расчета производится выбор подвижного состава (типа электровоза и вагонов).

Предварительный выбор подвижного состава. Выбор различных видов электровозов и тяговых агрегатов осуществляется в соответствии с годовой производительностью карьера и глубиной разработки (табл. 15.1).

Таблица 15.1

Условия эксплуатации электровозов и тяговых агрегатов при руководящих уклонах до 40 ‰

Годовая производительность, млн т	Глубина разработки, м	Тяговые агрегаты	
		Виды	Сцепная масса $M_{сч}$, т
<40	До 150	Постоянного и переменного тока	90-150
40-70	До 200	Постоянного тока	240-360
70-100	До 250	Постоянного и переменного тока	240-360
> 100	Более 250	Переменного тока	360-375

В расчете электровозного транспорта можно выделить два подраздела: тягового и эксплуатационного.

15.6.1.1. Тяговый расчет (пример)

Целью тягового расчета является проверка параметров выбранного подвижного состава в заданных условиях транспортирования груза и определения максимального числа вагонов в составе. Тяговый расчет включает:

- 1) определение весовой нормы поезда;
- 2) максимального количества вагонов в составе;
- 3) определение скорости и времени движения поезда;
- 4) расчет тормозного пути;
- 5) проверку тяговых электродвигателей на нагревание;
- 6) определение расхода электроэнергии.

Определение весовой нормы поезда:

Вес состава из условия равномерного движения поезда на руководящем уклоне:

$$Q_{ep} = \frac{P_{сч} \cdot (1000 \cdot \psi - \omega'_0 - i_p)}{\omega''_0 + i_p},$$

Где:

$P_{сч}$ - сцепной вес локомотива, [кН];

$\psi = 0,22$ - коэффициент сцепления колес с рельсом;

$\omega'_0 = 4,1$ - основное удельное сопротивление движению локомотива, [Н/кН];

$\omega''_0 = 3,4$ - основное удельное сопротивление движению прицепной части поезда, [Н/кН];

i_p - руководящий уклон пути, [%].

$$Q_{ep} = \frac{1500 \cdot (1000 \cdot 0,22 - 4,1 - 40)}{3,4 + 40} = 6079,5[\text{кН}].$$

Вес состава из условия из условия трогания с места:

$$Q_{mp} = \frac{P_{cy} \cdot (1000 \cdot \psi_{mp} - \omega'_0 - \omega_{mp} - i_p - 108 \cdot a)}{\omega''_0 + \omega_{mp} + i_p + 108 \cdot a},$$

Где:

$\psi_{mp} = 0,26$ - коэффициент сцепления колес с рельсом при трогании;

$\omega_{mp} = 2$ - дополнительное сопротивление при трогании, [Н/кН];

$a = 0,03 \text{ м/с}^2$ - ускорение трогания.

$$Q_{mp} = \frac{1500 \cdot (1000 \cdot 0,26 - 4,1 - 2 - 40 - 108 \cdot 0,03)}{3,4 + 2 + 40 + 108 \cdot 0,03} = 6496,5[\text{кН}].$$

Определение числа вагонов:

$$n_e = \frac{Q_{ep}}{g \cdot (q + q_m)},$$

Где:

g - ускорение свободного падения, [м/с^2];

q - грузоподъемность вагона, [т];

q_m - собственная масса вагона, [т].

$$n_e = \frac{6079,5}{9,81 \cdot (85 + 35)} = 5[\text{вагонов}].$$

Принимаю $n_e = 5$. Уточняю Q_{ep} :

$$Q_{ep} = n_e \cdot g \cdot (q + q_m) = 5 \cdot 9,81 \cdot (85 + 35) = 5886[\text{кН}].$$

Определение тормозного пути поезда:

Фактический (полный) тормозной путь поезда:

$$L_\phi = L_{nm} + L_\delta,$$

Где:

L_{nm} - предтормозной путь, проходимый поездом за время приведения тормозов в действие, [м];

L_δ - действительный тормозной путь, проходимый поездом за время действия тормозов;

$$L_{nm} = 0,278 \cdot v_n \cdot t_0,$$

Где:

v_n - скорость в начале торможения (на постоянных путях разрешена 40 км/ч);

t_0 - время приведения тормозов в действие, $t_0 = 13 \text{ с}$.

$$L_{nm} = 0,278 \cdot 40 \cdot 13 = 144,56[\text{м}].$$

$$L_\delta = 4,17 \cdot \frac{v_n^2 - v_k^2}{b_k + \omega_0 - i_p},$$

Где:

v_k - скорость в конце торможения, [км/ч];

b_k - удельная тормозная сила, [Н/кН];

ω_0 - среднее взвешенное основное удельное сопротивление движению, [Н/кН];

$$b_k = \frac{1000 \cdot \Sigma K \cdot \varphi_k}{P_{cy} + Q_{nop}},$$

Где:

ΣK - суммарная расчетная сила нажатия тормозных колодок на оси локомотивов и вагонов, [кН].

$\Sigma K = 1960[\text{кН}]$.

φ_k - коэффициент трения колодок о бондаж колеса;

$$\text{Для композиционных колодок: } \varphi_k = 0,6 \cdot \frac{5 \cdot K' + 980}{20 \cdot K' + 980} \cdot \frac{100}{1,4 \cdot v_n + 100},$$

K' - расчетная средняя сила нажатия на одну колодку локомотива и вагона, $K' = 37,7[\text{кН}]$.

$$\omega_0 = \frac{\omega'_0 \cdot P_{\text{сц}} + \omega''_0 \cdot Q_{\text{нор}}}{P_{\text{сц}} + Q_{\text{нор}}},$$

$P_{\text{сц}} = 1500 \text{ кН}$ - тормозной вес локомотива;

$Q_{\text{нор}} = n_e \cdot g \cdot q_m = 5 \cdot 10 \cdot 35 = 1750[\text{кН}]$ - вес порожнего поезда.

$$\omega_0 = \frac{4,1 \cdot 1500 + 3,4 \cdot 1750}{1500 + 1750} = 3,72[\text{H/кН}].$$

Расчеты для определения тормозных путей при различных скоростях движения:

1. При скорости движения равной 40 км/ч:

$$\varphi_{k1} = 0,6 \cdot \frac{5 \cdot 37,7 + 980}{20 \cdot 37,7 + 980} \cdot \frac{100}{1,4 \cdot 40 + 100} = 0,25.$$

$$b_{k1} = \frac{1000 \cdot 1960 \cdot 0,25}{1500 + 1750} = 150,76[\text{H/кН}].$$

$$L_{\partial 1} = 4,17 \cdot \frac{40^2 - 30^2}{150,76 + 3,72 - 40} = 25,5[\text{м}].$$

2. При скорости движения равной 30 км/ч:

$$\varphi_{k2} = 0,6 \cdot \frac{5 \cdot 37,7 + 980}{20 \cdot 37,7 + 980} \cdot \frac{100}{1,4 \cdot 30 + 100} = 0,28.$$

$$b_{k2} = \frac{1000 \cdot 1960 \cdot 0,28}{1500 + 1750} = 171,57[\text{H/кН}].$$

$$L_{\partial 2} = 4,17 \cdot \frac{30^2 - 20^2}{171,57 + 3,72 - 40} = 15,41[\text{м}].$$

3. При скорости движения равной 20 км/ч:

$$\varphi_{k3} = 0,6 \cdot \frac{5 \cdot 37,7 + 980}{20 \cdot 37,7 + 980} \cdot \frac{100}{1,4 \cdot 20 + 100} = 0,31.$$

$$b_{k3} = \frac{1000 \cdot 1960 \cdot 0,31}{1500 + 1750} = 186,95[\text{H/кН}].$$

$$L_{\partial 3} = 4,17 \cdot \frac{20^2 - 10^2}{186,95 + 3,72 - 40} = 8,3[\text{м}].$$

4. При скорости движения равной 10 км/ч:

$$\varphi_{k4} = 0,6 \cdot \frac{5 \cdot 37,7 + 980}{20 \cdot 37,7 + 980} \cdot \frac{100}{1,4 \cdot 10 + 100} = 0,35 \quad b_{k4} = \frac{1000 \cdot 1960 \cdot 0,35}{1500 + 1750} = 211,07[\text{H/кН}].$$

$$L_{\partial 4} = 4,17 \cdot \frac{10^2 - 0^2}{211,07 + 3,72 - 40} = 2,4[\text{м}].$$

$$L_{\phi} = L_{nm} + L_{\partial 1} + L_{\partial 2} + L_{\partial 3} + L_{\partial 4} = 144,56 + 25,5 + 15,41 + 8,3 + 2,4 = 196,17[\text{м}].$$

$$L_{\phi} = 196,17[\text{м}] < 300[\text{м}].$$

Расчет скорости и времени хода поезда

Определение скорости движения поезда по элементам пути и значения токов груженого и порожнего режимов производится при помощи электромеханической характеристики тяговых двигателей локомотива, представленной на рисунке 15.10.

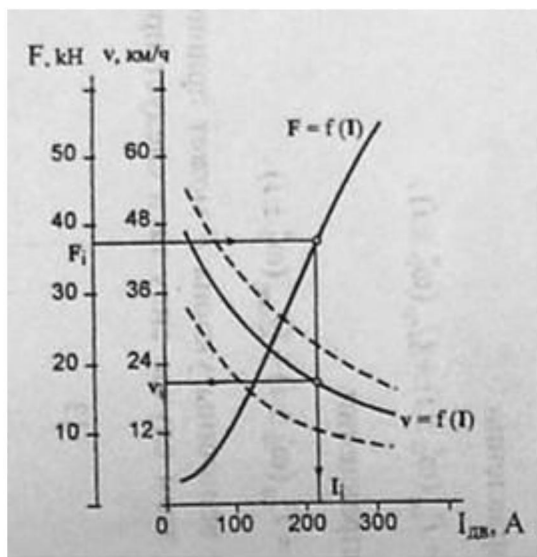


Рисунок 15.10 Электромеханическая характеристика двигателя пост. тока

Сила тяги локомотива при равномерном движении по каждому элементу профиля:
В грузовом направлении:

$$F_{ep} = P_{cy} \cdot (\omega'_0 + i) + Q_{ep} \cdot (\omega''_0 + i),$$

В порожнем направлении:

$$F_{nop} = P_{cy} \cdot (\omega'_0 - i) + Q_{nop} \cdot (\omega''_0 - i),$$

Сила тяги, приходящаяся на один двигатель, Н

$$F_{\text{дв}} = \frac{F}{n_{\text{дв}}},$$

Где: $n_{\text{дв}}$ – число тяговых двигателей локомотива (определяется по осевой формуле).

Время хода поезда по каждому элементу профиля, [мин]:

$$t = \frac{60 \cdot l}{v},$$

Где: v – скорость движения при груженом или порожнем режиме, [км/ч].

Расчет для первого профиля пути:

$$F_{ep1} = 1500 \cdot (4,1 + 0) + 5886 \cdot (3,4 + 0) = 26162 [H].$$

$$F_{nop1} = 1500 \cdot (4,1 - 0) + 1750 \cdot (3,4 - 0) = 12100 [H].$$

$$F_{\text{дв.эп}} = \frac{F_{ep}}{n_{\text{дв}}} = \frac{26162}{6} = 4360,3 [H] \quad F_{\text{дв.ноп}} = \frac{F_{nop}}{n_{\text{дв}}} = \frac{12100}{6} = 2016,6 [H].$$

I_{nop}, I_{ep} – значения токов порожнего и груженого режимов.

$$I_{ep} = 40 [A], \quad v_{ep} = 40 [км/ч].$$

$$I_{nop} = 10 [A], \quad v_{nop} = 40 [км/ч].$$

Скорость движения поезда в порожнем направлении ограничена 40 км/ч.

$$t_{ep} = \frac{60 \cdot 0,35}{40} = 0,52 [мин] \quad t_{nop} = \frac{60 \cdot 0,35}{40} = 0,52 [мин].$$

Расчет для второго профиля пути:

$$F_{ep1} = 1500 \cdot (4,1 + 40) + 5886 \cdot (3,4 + 40) = 321602 [H].$$

$$F_{nop1} = 1500 \cdot (4,1 - 40) + 1750 \cdot (3,4 - 40) = 117900 [H].$$

$$F_{\text{дв.эп}} = \frac{F_{ep}}{n_{\text{дв}}} = \frac{321602}{6} = 53600,3 [H] \quad F_{\text{дв.ноп}} = \frac{F_{nop}}{n_{\text{дв}}} = \frac{117900}{6} = 19650 [H].$$

I_{nop}, I_{ep} – значения токов порожнего и груженого режимов.

$$I_{zp} = 270[A]. \quad v_{zp} = 16[км/ч].$$

$$I_{nop} = 150[A]. \quad v_{nop} = 40[км/ч].$$

$$t_{zp} = \frac{60 \cdot 0,32}{16} = 1,2[мин] \quad t_{nop} = \frac{60 \cdot 0,32}{40} = 0,48[мин].$$

Расчет для третьего профиля пути:

$$F_{zpl} = 1500 \cdot (4,1 + 0) + 5886 \cdot (3,4 + 0) = 26162[H].$$

$$F_{nopl} = 1500 \cdot (4,1 - 0) + 1750 \cdot (3,4 - 0) = 12100[H].$$

$$F_{\text{дв.зп}} = \frac{F_{zp}}{n_{\text{дв}}} = \frac{26162}{6} = 4360,3[H] \quad F_{\text{дв.ноп}} = \frac{F_{nop}}{n_{\text{дв}}} = \frac{12100}{6} = 2016,6[H].$$

I_{nop}, I_{zp} - значения токов порожнего и груженого режимов.

$$I_{zp} = 40[A]. \quad v_{zp} = 40[км/ч].$$

$$I_{nop} = 10[A]. \quad v_{nop} = 40[км/ч].$$

Скорость движения поезда в порожнем направлении ограничена 40 км/ч.

$$t_{zp} = \frac{60 \cdot 0,1}{40} = 0,15[мин] \quad t_{nop} = \frac{60 \cdot 0,1}{40} = 0,15[мин].$$

Расчет для четвертого профиля пути:

$$F_{zpl} = 1500 \cdot (4,1 + 38) + 5886 \cdot (3,4 + 38) = 306830[H].$$

$$F_{nopl} = 1500 \cdot (4,1 - 38) + 1750 \cdot (3,4 - 38) = 111400[H].$$

$$F_{\text{дв.зп}} = \frac{F_{zp}}{n_{\text{дв}}} = \frac{306830}{6} = 51138,3[H] \quad F_{\text{дв.ноп}} = \frac{F_{nop}}{n_{\text{дв}}} = \frac{111400}{6} = 18566,6[H].$$

I_{nop}, I_{zp} - значения токов порожнего и груженого режимов.

$$I_{zp} = 265[A]. \quad v_{zp} = 18[км/ч].$$

$$I_{nop} = 135[A]. \quad v_{nop} = 40[км/ч].$$

$$t_{zp} = \frac{60 \cdot 0,29}{18} = 0,96[мин] \quad t_{nop} = \frac{60 \cdot 0,29}{40} = 0,43[мин].$$

Расчет для пятого профиля пути:

$$F_{zpl} = 1500 \cdot (4,1 + 36) + 5886 \cdot (3,4 + 36) = 292058[H].$$

$$F_{nopl} = 1500 \cdot (4,1 - 36) + 1750 \cdot (3,4 - 36) = 104900[H].$$

$$F_{\text{дв.зп}} = \frac{F_{zp}}{n_{\text{дв}}} = \frac{292058}{6} = 48676,3[H] \quad F_{\text{дв.ноп}} = \frac{F_{nop}}{n_{\text{дв}}} = \frac{104900}{6} = 17483,3[H].$$

I_{nop}, I_{zp} - значения токов порожнего и груженого режимов.

$$I_{zp} = 250[A]. \quad v_{zp} = 20[км/ч].$$

$$I_{nop} = 120[A]. \quad v_{nop} = 40[км/ч].$$

$$t_{zp} = \frac{60 \cdot 0,3}{20} = 0,9[мин] \quad t_{nop} = \frac{60 \cdot 0,3}{40} = 0,45[мин].$$

Расчет для шестого профиля пути:

$$F_{zpl} = 1500 \cdot (4,1 + 36) + 5886 \cdot (3,4 + 36) = 292058[H].$$

$$F_{nopl} = 1500 \cdot (4,1 - 36) + 1750 \cdot (3,4 - 36) = 104900[H].$$

$$F_{\text{дв.зп}} = \frac{F_{zp}}{n_{\text{дв}}} = \frac{292058}{6} = 48676,3[H] \quad F_{\text{дв.ноп}} = \frac{F_{nop}}{n_{\text{дв}}} = \frac{104900}{6} = 17483,3[H].$$

I_{nop}, I_{zp} - значения токов порожнего и груженого режимов.

$$I_{zp} = 250[A]. \quad v_{zp} = 20[км/ч].$$

$$I_{нор} = 120[A]. \quad v_{нор} = 40[км/ч].$$

$$t_{зп} = \frac{60 \cdot 0,3}{20} = 0,9[мин] \quad t_{нор} = \frac{60 \cdot 0,3}{40} = 0,45[мин].$$

Расчет для седьмого профиля пути:

$$F_{зп1} = 1500 \cdot (4,1 + 38) + 5886 \cdot (3,4 + 38) = 306830[H].$$

$$F_{нор1} = 1500 \cdot (4,1 - 38) + 1750 \cdot (3,4 - 38) = 111400[H].$$

$$F_{\dot{\delta}в.зп} = \frac{F_{зп}}{n_{\dot{\delta}в}} = \frac{306830}{6} = 51138,3[H] \quad F_{\dot{\delta}в.нор} = \frac{F_{нор}}{n_{\dot{\delta}в}} = \frac{111400}{6} = 18566,6[H].$$

$I_{нор}, I_{зп}$ - значения токов порожнего и груженого режимов.

$$I_{зп} = 265[A]. \quad v_{зп} = 18[км/ч].$$

$$I_{нор} = 135[A]. \quad v_{нор} = 40[км/ч].$$

$$t_{зп} = \frac{60 \cdot 0,29}{18} = 0,96[мин] \quad t_{нор} = \frac{60 \cdot 0,29}{40} = 0,43[мин].$$

Расчет для восьмого профиля пути:

$$F_{зп1} = 1500 \cdot (4,1 + 36) + 5886 \cdot (3,4 + 36) = 292058[H].$$

$$F_{нор1} = 1500 \cdot (4,1 - 36) + 1750 \cdot (3,4 - 36) = 104900[H].$$

$$F_{\dot{\delta}в.зп} = \frac{F_{зп}}{n_{\dot{\delta}в}} = \frac{292058}{6} = 48676,3[H] \quad F_{\dot{\delta}в.нор} = \frac{F_{нор}}{n_{\dot{\delta}в}} = \frac{104900}{6} = 17483,3[H].$$

$I_{нор}, I_{зп}$ - значения токов порожнего и груженого режимов.

$$I_{зп} = 250[A]. \quad v_{зп} = 20[км/ч].$$

$$I_{нор} = 120[A]. \quad v_{нор} = 40[км/ч].$$

$$t_{зп} = \frac{60 \cdot 0,3}{20} = 0,9[мин] \quad t_{нор} = \frac{60 \cdot 0,3}{40} = 0,45[мин].$$

Расчет для девятого профиля пути:

$$F_{зп1} = 1500 \cdot (4,1 + 36) + 5886 \cdot (3,4 + 36) = 292058[H].$$

$$F_{нор1} = 1500 \cdot (4,1 - 36) + 1750 \cdot (3,4 - 36) = 104900[H].$$

$$F_{\dot{\delta}в.зп} = \frac{F_{зп}}{n_{\dot{\delta}в}} = \frac{292058}{6} = 48676,3[H] \quad F_{\dot{\delta}в.нор} = \frac{F_{нор}}{n_{\dot{\delta}в}} = \frac{104900}{6} = 17483,3[H].$$

$I_{нор}, I_{зп}$ - значения токов порожнего и груженого режимов.

$$I_{зп} = 250[A]. \quad v_{зп} = 20[км/ч].$$

$$I_{нор} = 120[A]. \quad v_{нор} = 40[км/ч].$$

$$t_{зп} = \frac{60 \cdot 0,3}{20} = 0,9[мин] \quad t_{нор} = \frac{60 \cdot 0,3}{40} = 0,45[мин].$$

Расчет для десятого профиля пути:

$$F_{зп1} = 1500 \cdot (4,1 + 36) + 5886 \cdot (3,4 + 36) = 292058[H].$$

$$F_{нор1} = 1500 \cdot (4,1 - 36) + 1750 \cdot (3,4 - 36) = 104900[H].$$

$$F_{\dot{\delta}в.зп} = \frac{F_{зп}}{n_{\dot{\delta}в}} = \frac{292058}{6} = 48676,3[H] \quad F_{\dot{\delta}в.нор} = \frac{F_{нор}}{n_{\dot{\delta}в}} = \frac{104900}{6} = 17483,3[H].$$

$I_{нор}, I_{зп}$ - значения токов порожнего и груженого режимов.

$$I_{зп} = 250[A]. \quad v_{зп} = 20[км/ч].$$

$$I_{нор} = 120[A]. \quad v_{нор} = 40[км/ч].$$

$$t_{ep} = \frac{60 \cdot 0,3}{20} = 0,9 [\text{мин}] \quad t_{nop} = \frac{60 \cdot 0,3}{40} = 0,45 [\text{мин}].$$

Расчет для одиннадцатого профиля пути:

$$F_{ep1} = 1500 \cdot (4,1 + 0) + 5886 \cdot (3,4 + 0) = 26162 [H].$$

$$F_{nop1} = 1500 \cdot (4,1 - 0) + 1750 \cdot (3,4 - 0) = 12100 [H].$$

$$F_{\text{дв.эп}} = \frac{F_{ep}}{n_{\text{дв}}} = \frac{26162}{6} = 4360,3 [H] \quad F_{\text{дв.ноп}} = \frac{F_{nop}}{n_{\text{дв}}} = \frac{12100}{6} = 2016,6 [H].$$

I_{nop}, I_{ep} - значения токов порожнего и груженого режимов.

$$I_{ep} = 40 [A]. \quad v_{ep} = 40 [\text{км/ч}].$$

$$I_{nop} = 10 [A]. \quad v_{nop} = 40 [\text{км/ч}].$$

Скорость движения поезда в порожнем направлении ограничена 40 км/ч.

$$t_{ep} = \frac{60 \cdot 0,15}{40} = 0,22 [\text{мин}] \quad t_{nop} = \frac{60 \cdot 0,15}{40} = 0,22 [\text{мин}].$$

Полученные результаты представлены в таблице 5.

Таблица 5

	Груженое направление				Порожнее направление			
	Ф _{дв.гр} , Н	I, А	V, км/ч	t, мин	Ф _{дв.гр} , Н	I, А	V, км/ч	t, мин
1	4360,3	40	40	0,52	2016,6	10	40	0,52
2	53600,3	270	16	1,2	19560	150	40	0,48
3	4360,3	40	40	0,15	2016,6	10	40	0,15
4	51138,3	265	18	0,96	18566,6	135	40	0,43
5	48676,3	250	20	0,9	17483,3	120	40	0,45
6	48676,3	250	20	0,9	17483,3	120	40	0,45
7	51138,3	265	18	0,96	18566,6	135	40	0,43
8	48676,3	250	20	0,9	17483,3	120	40	0,45
9	48676,3	250	20	0,9	17483,3	120	40	0,45
10	48676,3	250	20	0,9	17483,3	120	40	0,45
11	4360,3	40	40	0,22	2016,6	10	40	0,22

Общее время движения:

$$t_{\text{дв}} = \sum t_{ep} + \sum t_{nop} + t_{pz},$$

Где: t_{pz} - время на разгон - замедление поезда, $t_{pz} = 3 [\text{мин}]$.

$$t_{\text{дв}} = (0,52 + 1,2 + 0,15 + 0,96 + 0,9 + 0,9 + 0,96 + 0,9 + 0,9 + 0,9 + 0,22) + \\ + (0,52 + 0,48 + 0,15 + 0,43 + 0,45 + 0,45 + 0,43 + 0,45 + 0,45 + 0,45 + 0,22) + 3 = 15,99 [\text{мин}].$$

Проверка двигателей на нагревание:

Эффективный ток:

$$I_{\text{эф}} = \alpha \cdot \sqrt{\frac{\sum I_{epi}^2 \cdot t_{epi} + \sum I_{nopi}^2 \cdot t_{nopi}}{T_{\text{об}}}},$$

Где: α - коэффициент, учитывающий дополнительный нагрев двигателей при погрузке, разгрузке и при маневрах, $\alpha = 1,2$;

$T_{\text{об}}$ - время оборота поезда, [мин].

$$\sum I_{epi}^2 \cdot t_{epi} = 40^2 \cdot 0,52 + 270^2 \cdot 1,2 + 40^2 \cdot 0,15 + 265^2 \cdot 0,96 + 250^2 \cdot 0,9 + 250^2 \cdot 0,9 + 265^2 \cdot 0,96 + \\ + 250^2 \cdot 0,9 + 250^2 \cdot 0,9 + 250^2 \cdot 0,9 + 40^2 \cdot 0,22 = 504986$$

$$\sum I_{nopi}^2 \cdot t_{nopi} = 10^2 \cdot 0,52 + 150^2 \cdot 0,48 + 10^2 \cdot 0,15 + 135^2 \cdot 0,43 + 120^2 \cdot 0,45 + 120^2 \cdot 0,45 + 135^2 \cdot 0,43 + \\ + 120^2 \cdot 0,45 + 120^2 \cdot 0,45 + 120^2 \cdot 0,45 + 10^2 \cdot 0,22 = 58961$$

$$T_{\text{об}} = t_{\text{п}} + t_{\text{р}} + t_{\text{дв}} + t_{\text{ож}},$$

Где:

$t_{\text{п}}$ - время погрузки состава, [мин];

$t_p = 2 \text{ мин}$ - время разгрузки одного вагона;

$t_{ож} = 5 - 7 \text{ мин}$ - время различных задержек поезда в пути;

$$t_{II} = \frac{n_e \cdot q}{E \cdot \rho \cdot K_{\ominus}} \cdot t_{\psi} + t_{np},$$

Где:

$t_{np} = 1 \text{ мин}$ - время на перестановку одного вагона под погрузку;

t_{ψ} - время цикла экскаватора, [мин];

n_e - число вагонов в составе;

q - грузоподъемность вагона, [т];

E - вместимость ковша экскаватора, [м³];

$\rho = 1,5 \text{ т/м}^3$ - насыпная плотность полезного ископаемого;

$K_{\ominus} = 0,85$ - коэффициент экскавации;

$$t_{II} = \frac{5 \cdot 85}{6,3 \cdot 1,5 \cdot 0,85} \cdot 0,47 + 5 = 29,86 [\text{мин}].$$

$$T_{об} = 29,86 + 10 + 15,99 + 7 = 62,85 [\text{мин}].$$

$$I_{эф} = 1,2 \cdot \sqrt{\frac{504986 + 58961}{62,85}} = 113,67 [A].$$

$$I_{олит} > I_{эф} \Rightarrow 205 [A] > 113,67 [A].$$

Определение расхода энергии:

Расход электроэнергии при движении поезда за один оборот:

$$A_{ов} = \frac{\sum I_{зрi} \cdot t_{зрi} + \sum I_{норi} \cdot t_{норi}}{60 \cdot 1000} \cdot U_{III},$$

Где: U_{III} - напряжение на шинах тяговой подстанции, $U_{III} = 1500 [B]$.

$$A_{ов} = \frac{1993,4 + 467}{60 \cdot 1000} \cdot 1500 = 61,51 [кВт \cdot ч].$$

Общий расход энергии на транспортирование:

$$A_{общ} = A_{ов} + A_c + A_m + A_{к.с.},$$

Где:

A_c - расход электроэнергии на собственные нужды, $A_c = (0,15 \div 0,2) \cdot A_{ов}$;

A_m - расход электроэнергии на маневрах, $A_m = (0,1 \div 0,3) \cdot A_{ов}$;

$A_{к.с.}$ - потери электроэнергии в контактной сети, $A_{к.с.} = K_{к.с.} \cdot K_{т.п.} \cdot (A_{ов} + A_c + A_m)$.

Где:

$K_{к.с.} = 1,1 \div 1,12$ - коэффициент, учитывающий потери в контактной сети;

$K_{т.п.} = 1,03 \div 1,05$ - коэффициент, учитывающий потери в тяговой подстанции.

$$A_c = 0,2 \cdot 61,51 = 12,302 [кВт \cdot ч] \quad A_m = 0,3 \cdot 61,51 = 18,453 [кВт \cdot ч].$$

$$A_{к.с.} = 1,1 \cdot 1,03 \cdot (61,51 + 12,302 + 18,453) = 104,53 [кВт \cdot ч].$$

$$A_{общ} = 61,51 + 12,302 + 18,453 + 104,53 = 196,8 [кВт \cdot ч].$$

Удельный расход электроэнергии на транспортирование, т.е. расход энергии на одну тонну перевезенного груза:

$$a' = \frac{A_{общ}}{Q_n},$$

Где: Q_n - масса нетто состава, [тонн].

$$Q_n = n_e \cdot q = 5 \cdot 35 = 175 [\text{тонн}].$$

$$a' = \frac{196,8}{175} = 1,12 \left[\frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{\text{тонн}} \right].$$

Удельный расход электроэнергии на 1 тонн·км:

$$a'' = \frac{A_{\text{общ}}}{Q_n \cdot (L_{\text{эп}} + L_{\text{нор}})} = \frac{196,8}{175 \cdot (3+3)} = 0,18 \left[\frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{\text{тонн} \cdot \text{км}} \right].$$

15.6. 2. Эксплуатационный расчет Производительность локомотивосостава:

$$Q_{\text{лс}} = \frac{60 \cdot T}{T_{\text{об}}} \cdot n_6 \cdot q,$$

Где: T – продолжительность работы транспорта в сутки.

$$Q_{\text{лс}} = \frac{60 \cdot 22}{62,85} \cdot 5 \cdot 85 = 8926 [\text{тонн}].$$

Расчет парков подвижного состава:

Инвентарный парк локомотивов:

$$N_{\text{л.и.}} = N_p + N_{\text{рм}} + N_{\text{рз}} \cdot N_x,$$

Где:

N_p - рабочий парк локомотивов;

$N_{\text{рм}} = 0,15 \cdot N_p$ – количество локомотивов, находящихся в ремонте;

$N_{\text{рз}} = (0,05 \div 0,10) \cdot N_p$ – количество локомотивов в резерве;

N_x – количество локомотивов на хозяйственной и маневровой работе (1 локомотив на 5 рабочих локомотивов);

$$N_p = \frac{K_n \cdot A_{\text{сут}}}{Q_{\text{лс}}} = \frac{1,2 \cdot 41666,6}{8926} = 6 [\text{шт}],$$

Где:

$A_{\text{сут}}$ - суточный объем перевозок [т/сут];

$K_n = 1,2 \div 1,25$ – коэффициент неравномерности грузопотока.

$$N_{\text{л.и.}} = 6 + 1 + 1 \cdot 1 = 8 [\text{шт}].$$

Инвентарный парк вагонов:

$$N_{\text{ва}} = K_{\text{рр}} \cdot N_{\text{вр}} = K_{\text{рр}} \cdot N_p \cdot n_6 = 1,25 \cdot 6 \cdot 5 = 38 [\text{шт}], \text{ где}$$

$K_{\text{рр}}$ - коэффициент, учитывающий вагоны, находящиеся в ремонте и в резерве.

Определение пропускной и провозной способностей путей:

Время занятия двухпутного перегона:

$$t_{\text{эп}}'' = t_{\text{эп}} / 2 = 8,51 / 2 = 4,25 [\text{мин}].$$

Пропускная способность двухпутного участка:

$$N'' = \frac{120 \cdot T}{t_{\text{эп}}},$$

Где: T – время работы транспорта в сутки.

$$N'' = \frac{120 \cdot 22}{8,51} = 310 \left[\frac{\text{поездов}}{\text{сутки}} \right].$$

Провозная способность перегона:

$$M = \frac{N''}{f} \cdot n_6 \cdot q,$$

Где:

f – коэффициент резерва провозной способности; n_6 - число вагонов в составе; q – грузоподъемность вагона.

$$M = \frac{310}{1,22} \cdot 5 \cdot 85 = 107991,8 \left[\frac{\text{т}}{\text{сутки}} \right].$$

$$K_p = \frac{M}{A_{\text{сум}}} = \frac{107991,8}{41666,6} = 2,59.$$

Условие обеспечения заданного грузооборота предприятия:

$$M \geq K_n \cdot A_{\text{сум}},$$

$$107991,8 \left[\frac{\text{т}}{\text{сутки}} \right] \geq 1,2 \cdot 41666,6 = 49999,9 \left[\frac{\text{т}}{\text{сутки}} \right].$$

15.6. Организация ТО и Р подвижного состава

При проектировании ремонтных хозяйств принимают следующую классификацию технического обслуживания (ТО) и ремонта (ТР) подвижного состава.

- По локомотивам и тяговым агрегатам.

Техническое обслуживание: ТО-1, ТО-2, ТО-3.

Текущие ремонты: ТР-1, ТР-2, ТР-3.

Капитальные ремонты: КР-1, КР-2.

- По вагонам.

Техническое обслуживание: ТО-1 (в составах), ТО-2 (порожних отцепленных вагонов), ТО-3 (груженых отцепленных), ТО-4 (специальных вагонов).

Текущий и капитальный ремонты.

- По путевым машинам, механизмам и подъемно-транспортному оборудованию.

Техническое обслуживание, технический и капитальный ремонты.

Все виды обслуживания и ремонтов, включая капитальный, возможно предусмотреть на самом предприятии.

Основы современной организации работ по ТО и ремонту локомотивов направлены на поддержание локомотивов в работоспособном состоянии и повышение их надежности с помощью оптимальной системы ТО и ремонта, обеспечивающей минимум затрат на содержание парка. Локомотивы снимают с эксплуатации для проведения ППР, ТО или ремонта по фактическому состоянию.

Система ППР позволяет составить перспективные планы ремонта и обслуживания, т.е. определить потребность в ремонтной базе и технологическом оборудовании, материально-техническом обеспечении, рабочей силе и т.д.

В ремонт по фактическому состоянию локомотивы поступают в результате потери работоспособности. Такой ремонт называют неплановым. Основные причины появления неплановых ремонтов – недостаточный уровень надежности отдельных узлов, несовершенство средств диагностирования и нарушения при эксплуатации.

Система ППР строится на основе анализа опытно-статистических данных об отказах локомотивов. Для получения исходных данных:

- устанавливают нормы предельного состояния деталей и узлов, ограничивающих межремонтные пробеги и определяют их технический ресурс;
- составляют карту средних значений ресурсов деталей по видам оборудования;
- регистрируют внезапные отказы и анализируют причины их возникновения;
- определяют закон распределения отказов, наработку на отказ и стоимость их устранения;

Локомотив рассматривают как сложную восстанавливаемую систему, условно разбитую на элементы таким образом, что отказ любого из них приводит к отказу всей системы.

Состав работ по ТО выглядит следующим образом.

ТО-1 производят локомотивные бригады за время приемки-сдачи локомотива. Особое внимание обращают на состояние ходовых частей, автосцепных устройств, кузовов моторных думпкаров (через 8 часов).

ТО-2 выполняют совместно локомотивная бригада и слесари на пункте ТО. В дополнение к работам ТО-1 осматривают машины и аппараты на крыше локомотива, аппараты силовой цепи и оборудования, особое внимание обращают на состояние тормозного оборудования. При ТО-2 устраняют неисправности, обличенные при ТО-1 (ежедневно).

ТО-3 проводят с целью детальной проверки основных узлов для обеспечения безаварийной работы локомотивов и ликвидации дефектов, возникающих при эксплуатации. Обслуживание выполняет бригада слесарей в депо, что позволяет применять специальное технологическое и диагностическое оборудование. При этом проверяют состояние ходовых частей, ударно-сцепных устройств, тормозной системы, тяговых и вспомогательных машин, аппаратуры силовой цепи и крышевого оборудования (через 45 суток).

4. Состав работ по ремонту.

Текущие ремонты осуществляют в депо специализированные бригады слесарей.

ТР-1 предназначен для периодического контроля за состоянием основных узлов и ремонта по их фактическому состоянию. При этом выполняют все работы по ТО-3 и кроме того очистку, осмотр и ревизию всех узлов (механического, электрического и пневматического оборудования).

ТР-2 выполняют все виды работ по ТР-1, а также восстановление профиля бандажей колесных пар без выкатки из-под локомотива, переборку дизеля, смену смазки, ремонт кузовов и т.д. В качестве основного оборудования для ТР-2 используется мостовой кран грузоподъемностью 10 т, подрельсовый станок для обточки колесных пар, электродамкраты грузоподъемностью 30 т для подъема кузова и т.п.

ТР-3 – разборочный, наиболее эффективный вид ремонта, проводимый в депо. Выполняются все работы ТР-2 и кроме этого контролируют все подшипниковые узлы, восстанавливают все диэлектрические свойства изоляции, ремонтируют рессорное подвешивание, межтележечные соединения, буксы, элементы рам и хребтовых балок и т.д. Ремонт выполняют комплексные и специализированные бригады с заменой изношенных деталей и узлов на новые. Восстанавливают защитную окраску локомотива.

Капитальный ремонт – основное мероприятие по полному восстановлению узлов или замене на новые.

КР-1, также как и КР-2 выполняют на заводах МПС, специализированных отраслевых ремонтных базах или цехах отдельных крупных горнодобывающих предприятиях.

КР-1: Выкатывают, разбирают, проверяют и ремонтируют все элементы тележек, ремонтируют и восстанавливают детали тормозной рычажной передачи, автосцепные устройства, полностью ремонтируют колесные пары и восстанавливают все параметры кузова, тяговые трансформаторы, электрические аппараты и проводку и т.д.

КР-2: Полностью разбирают и проводят дефектоскопию локомотива, заменяют все основные части, в том числе и базовые, а также выполняют все работы КР-1.

Когда восстановительный ремонт из-за износа требует затрат, превышающих 60% стоимости локомотива, эксплуатацию локомотива прекращают.

Автоматизация на карьерном железнодорожном транспорте и техника безопасности

Ритмичность работы железнодорожного транспорта достигается использованием средств сигнализации, централизации управления движением поездов и блокировкой (СЦБ), обеспечивающих бесперебойное и безопасное движение поездов.

Эффективность и производительная работа локомотивосостава в большей степени определяются временем, затраченным на связь между отдельными пунктами и приготовлением маршрута. Используются следующие виды управления движением составов по перегонам: телефонная связь, радиосвязь, жезловая система, полуавтоматическая и автоматическая блокировки.

При **телефонной связи** время на связь между отдельными пунктами составляет для однопутных перегонов – 4-6 мин, а для двухпутных – 3-4 мин.

При **жезловой системе** на отдельных пунктах устанавливаются попарно связанные жезловые аппараты, получение жезлов из которых возможно только при наличии в обоих аппаратах полного комплекта жезлов. Время на связь – 3-4 мин при однопутном движении и 2-3 – двухпутном

При **полуавтоматической блокировке** перегон ограждается светофорами, которые связаны между собой блокировочной системой, позволяющей открывать перегон только с одной стороны. Сигнал может быть включен только при свободном перегоне. Время на связь 2-3 мин для однопутного перегона и 1-2 мин для двухпутного

Автоматическая блокировка – это система устройств, при которой показания светофоров меняются автоматически при воздействии колесных пар поезда на рельсовые цепи и точечные датчики. В этом случае весь путь разбивают на изолированные блок-участки, представляющие собой рельсовые цепи, ограждаемые с двух сторон светофорами.

Практически при любом типе управления движением подвижного состава машинист управляет поездом по показаниям сигнальных устройств.

По назначению **светофоры** разделяют на **входные**, запрещающие или разрешающие въезд локомотивосостава на отдельный пункт или на станцию с перегона; **выходные**, запрещающие или разрешающие выезд поезда со станции на перегон; **проходные**, запрещающие или разрешающие проезд локомотивосостава с одного участка цепи на другой; **светофоры прикрытия**, ограждающие участки путей, опасные для движения; предупредительные, предупреждающие о показаниях входного или проходного светофора; **маневровые**, разрешающие или запрещающие маневры; **заградительные**, служащие для остановки поезда на переездах; **повторительные**, оповещающие о показаниях выходного или маршрутного светофора;

групповые входные, устанавливаемые для группы отправочных путей; **совмещенные**, выполняющие несколько функций.

На маневровых работах принята двухзначная сигнализация: лунно-белый свет, разрешающий маневры, и синий – запрещающий.

При большом развитии путей на станциях применяют **централизованное управление стрелками и сигналами**.

Механическая централизация управления стрелками и сигналами осуществляется гибкими стальными тягами, приводимыми в движение стрелочными и сигнальными рычагами из помещения дежурного по станции, а при электрической централизации стрелок и сигналов, для управления и контроля за ними применяют электроприводы.

Для повышения безопасности движения между стрелками и сигналами, входящими в маршрут, а также между различными маршрутами предусматривается **блокировка**, исключающая приготовление враждебных маршрутов.

Большая степени автоматизации движения железнодорожного состава достигается, когда движение осуществляет управляющая машина, **автомашинист**, который автоматически регулирует скорость движения, останавливает и пускает в ход состав в соответствии с графиком движения и требованиями сигналов. На основании заданного графика движения, а также конкретных условий движения ЭВМ решает уравнения движения поезда и выбирает оптимальный режим движения. Сигналы передаются в оперативный блок, через который происходит управление тяговыми и тормозными механизмами локомотива.

Контрольные вопросы.

1. Дайте характеристику верхнему и нижнему строению пути.
2. Начертите схему стрелочного перевода и дайте характеристики его элементам. Что такое марка стрелочного перевода.
3. Объясните, что называется трассой, планом и профилем пути. Приведите примеры.
4. Определите элементы пути и дайте их характеристику.
5. Виды неисправности пути, текущее содержание и ремонт.
6. Средства и способы механизации путевых работ.
7. Типы локомотивов и устройство их основных узлов.
8. Параметры локомотивов.
9. Определите силу тяги и тормозную силу локомотива.
10. Объясните принципы выбора локомотива для заданных горнотехнических условий.
11. Объясните электромеханическую характеристику тягового электродвигателя.
12. Приведите основные формулы из расчета железнодорожного транспорта (проверка двигателей на нагрев, проверка тормозного пути, расход энергии и др.)
13. Определите вес прицепной части поезда.
14. Перечислите виды технического обслуживания и ремонта локомотивов и их состав.
15. Достоинства и недостатки различных типов локомотивов.
16. Типы и конструкции вагонов.
17. Дайте классификацию вагонов.
18. Назовите параметры вагонов.

Лекция 16-20

Автомобильный транспорт

Автомобильный транспорт имеет широкую область применения на карьерах- от карьеров малой до большой производственной мощности при расстоянии транспортирования 1,5-3 км до крупных карьеров.

16.1. Область применения . Достоинства и недостатки

Автомобильный транспорт применяется практически на всех карьерах , независимо от их мощности . Широко применяется при разработке полезных ископаемых сложного вещественного состава (при селективной разработке) и сложного залегания (возможность усреднения забоя) .

Повсеместно применяется при строительстве карьеров , что позволяет сократить сроки строительства во всех регионах страны.

Достоинства :

1. Высокая маневренность и автономность работы . Используется на уклонах до 80 % (мах 120 на подъёме ; 120-150 при спуске), радиус поворота 30-60 м.
2. Возможность обеспечения высоких темпов углубки карьера .
3. Высокая производительность труда.
4. Отсутствие дорогостоящих транспортных коммуникаций.
5. Для обеспечения технической эксплуатации машины все сооружения требуют меньших затрат , чем при железнодорожном транспорте.

Недостатки :

1. Загазованность (300кВт – за 1мин 120-150гСО и 25г NO, что допустимо для объёма воздуха 5000м³ .
2. Большой расход шин . (1/3 себестоимости продукции)
3. Сложность автоматизации.
4. Большая зависимость от погодных условий , чем при жд./тр.
5. Высокой стоимостью и эксплуатационными расходами (З/п водителей и ремонтников, дорожников).

16.2. Типы и параметры карьерных автосамосвалов

Существует 3 типа :

1. Автосамосвалы >90 % .
2. Автопоезда 10 % .
3. Дизель-тролевозы, автопоезда, машины с КЭСУ, многоосный мамшины ETF – испытывают .

Автосамосвалы – спец. автомобиль для транспортирования насыпных грузов , имеющий жесткую раму . Используется на уклонах до 80 % .

Автопоезда – самодвижущийся экипаж , состоящий из тягача и полуприцепа (прицепа, -ов) . Используется на уклонах до 40-50 % . – для транспортирования вскрыши , в основном на верхних горизонтах .

Дизель-тролевоз – автосамосвал , оборудованный дизелем и тяговыми электродвигателями . Используются на забойных участках , как дизель , а на постоянных участках дорог , как троллейвоз .

ETF (European Truck Factory GmbH,) – 4- модели:

MT 170 – грузоподъемностью 155 т,4-я осями и 16-ю колесами;

• MT 240 – грузоподъемностью 218 т, 5-ю осями и 20-ю колесами;

• MT 320 – грузоподъемностью 290 т , 6-ю осями и 24-я колесами;

• MT 400 - грузоподъемностью 363 т, 7- ю осями и 16-ю колесами;

Параметры автосамосвалов

1. Грузоподъемность – q_a , [Т] – максимальное количество грузов , допустимое к перевозке данным автосамосвалом .

$$q_a = V_k K_H \gamma \quad , \text{ т}$$

где V_k – вместимость кузова , м³

K_H – коэффициент наполнения , (1.25 – 1.3)

γ – насыпная плотность , т/м³

$\Delta q = 0.1 q_a$ - перегрузка.

По грузоподъемности параметрический ряд советских автосамосвалов построен на базе рационального числа R10 с коэффициентом геометрической прогрессии $K = 1.5$.

БелАЗ –540	$q_a = 27$ т	$q_a = 30$ т
БелАЗ- 548	$q_a = 40$ т	$q_a = 45$ т
БелАЗ-549	$q_a = 75$ т	$q_a = 80$ т
БелАЗ-7519	$q_a = 110$ т	$q_a = 110$ т

БелАЗ- 7521 $q_a = 180$ т $q_a = 180$ т
 Разрабатывается $q_a = 270$ т $q_a = 270$ т
 У самосвала “ Джженерел моторс “ $q_a = 318$ т.
Вместимость кузова – $V_k [м^3]$

$$V_k = \frac{q_a}{K_H \gamma}$$

В зависимости от плотности груза. Советские расчеты при $\gamma = 1.75$.

3. Собственная масса – q_a , [т] .

4. Коэффициент тары - K_T

$$K_T = \frac{q_T}{q_a} ; K_T = 0.75 - 0.9$$

5. Мощность двигателя – N , [кВт] .

6. Удельная мощность - $N_{уд}$, [кВт/т] .

$$N_{уд} = \frac{N}{q_a + q_T} ; N_{уд} = 5 - 6.5 \text{ кВт/т} .$$

с- затраты на транспортировку $c = f (N_{уд})$

7. Конструктивная скорость – V [км/ч]

Максимально расчетная скорость при полной нагрузке на горизонтальном прямолинейном участке пути .
 $V = (50 - 60)$ км/ч.

8. Конструктивный радиус поворота – R_{min} , [м]

Радиус поворота по внешнему , переднему неведущему колесу . $R_{min} = (8.5 - 25)$ м .

9. Габаритные размеры :

длина - b

ширина – l

высота – h

Общее устройство

Карьерный автосамосвал состоит :

1. Первичная силовая установка (ДВС)
2. Трансмиссия
3. Ходовая часть
4. Грузовая платформа
5. Кабина .

1. Первичная силовая установка (ДВС)

В ее качестве используются дизели и газотурбинные двигатели . В качестве дизелей используют двигатели внутреннего сгорания на тяжелых топливах (солярка , мазут) . На принципе самовоспламенения под действием большого давления (16:1; 17:1) . Температура вспышки $t = 600^{\circ} C$, по сравнению с карбюраторными двигателями , где сжатие (8:1; 7:1) . Поэтому дизельные двигатели более экономны .

Классификация дизелей :

1. По частоте вращения коленвала

1. Быстроходные $n = 1500 - 2000$ об/ мин
2. Тихоходные $n = 900 - 1000$ об/мин

Ресурс до капитального ремонта

1. 7 – 8 тыс.ч
2. до 12- 14 тыс.ч

Масса быстроходных дизелей в 2 раза меньше чем у тихоходных (при $N - const$) .

2. По принципу работы :

1. Четырехтактный
2. Двухтактный

3. По компоновке цилиндров : на автомобиле дизели имеют V – образную установку цилиндров с углом развала 60° .

4. По числу цилиндров : $n = 6 , 8 , 12 , 16$

5. По мощности : $N = 300, 500, 1100, 1300, 1600, 2300, 3300$.

При $q_a = 27, 40, 75, 110, 150, 180, 318$

Газотурбинные двигатели :

Используют от самолетов и вертолетов . Данные двигатели не имеют поршневой группы , смесь сжимается в определенной камере и газы через сопло приводят во вращение колесо турбины .

Достоинства :

1. Простота конструкции .

2. Меньшая масса . (3 – 5 раз)
3. Запуск при любых отрицательных температурах .
4. Высокая динамичность.

Недостатки:

1. Высокий расход топлива .
2. Сложность передачи $M_{кр}$, т.к. $n_{вых} = 10 - 20$ тыс об\мин .
3. Шумность.

2. Трансмиссия.

Устройство для передачи $M_{кр}$ от выходного вала двигателя к ведущим колесам . Различают 3 типа:

1. МТ – механическая ($q_a \leq 15$ т) за счет силы трения .
2. ГМТ – гидромеханическая ($q_a = 15-60$ т) передача $M_{кр}$ за счет масла .
3. ЭМТ – электромеханическая ($q_a > 60$ т) с помощью силового электрооборудования Принцип действия ЭМТ: Различают следующие ЭМТ :
 - На постоянном токе
 - На постоянно – переменном токе
 - НА переменном токе

Достоинства ЭМТ :

1. Упрощенная механическая конструкция
2. Плавное регулирование скорости
3. Более высокое КПД $\eta = 0.9$
4. Высокие тяговые качества \Rightarrow более высокие скорости на уклонах
5. Возможность электродинамического торможения

Недостатки ЭМТ:

1. Усложнение общей конструкции за счет использования электросиловой части
2. Большая масса узлов ЭМТ , что приводит к увеличению K_T
3. Повышенная опасность при эксплуатации

3. Ходовая часть .

Состав:

1. Рама
2. Колеса
3. Рессорные подвески
4. Тормозные устройства
5. Рулевое управление

Виды компоновки :

Передние – управляемые

Задние – ведущие

1. Колесная формула 4×2 .
2. С поворотными осями 4×4 (полноприводные машины)
3. Шарнирно сочлененная схема 4×2 . Угол поворота до 90° . Недостаток – шарнир дополнительное слабое место .
4. 6×4 “ Terex-Titan “
5. 6×4 (6×6)

Колеса

Два типа :

С камерными шинами $q_a = 27 - 40$ т

- Бескамерные $q_a \geq 40$ т

Состоит из многослойного корда (42 – 46 слоев) протектор для лучшего сцепления с дорогой .

Маркировка 27.00-49

16.3. Технологическое обслуживание карьерных автосамосвалов .

В настоящее время самосвалы 20 – 30 % календарного времени находятся в ремонте . Это составляет 50 – 60 % от общих затрат .

ЕО – ежедневный осмотр (внешний осмотр) всех узлов , смазочные работы .

ППР – планово-предупредительный ремонт ППР=ЕО+ТО-1+ТО-2+КР .

ТО-1 – (от 1500 км до 2000 км) проверка основных узлов , контроль их работы .

ТО-2 – (от 5000 до 10000 км) регулировка двигателя , настройка узлов и агрегатов

КР – (120000 до 130000 км) капитальный ремонт .

ТР – текущий ремонт проводится при отказе каких – либо узлов .

СО – сезонное обслуживание – подготовка самосвала к работе с весны на лето и с осени на зиму .

Ежедневное обслуживание требует 1.5 – 2.0 чел/час.

ТО-1 13.7 – 26 чел/час

ТО-2 67 – 95 чел/час
КР 25 – 35.2 чел/час

Места проведения ТО и ТР.

1. Здания для ремонта автомобилей .
2. Сооружения для хранения автотранспортных средств .
3. Сооружения для заправки .
4. Пункт мойки .
5. Административно – бытовые здания .
6. Складные помещения .

Диагностика автосамосвалов .

Виды диагностики :

1. Механическая (проверка ходовой части , рулевого управления , проверка работы подвески .)
2. Химическая (химический анализ масел , выхлопных газов .)
3. Электроизмерения .

Состав ежедневного обслуживания (ЕО) .

1. Проверка уровня топлива .
2. Проверка уровня охлаждаемой жидкости .
3. Проверка уровня масла .
4. Проверка крепления электрооборудования .
5. Осмотр воздухопровода .
6. Осмотр шин и колес .
7. Проверка осветительной аппаратуры , очистителей .
8. Визуальный осмотр тяг и рычагов .
9. Проверка напряжения аккумуляторного напряжения .
10. Проверка работы двигателя на спуск .
11. Проверка работы компрессора и регулятора воздуха .
12. Проверка работы стояночной тормозной системы .

Технический осмотр .

1. Проверка герметичности смазки , отопления , вентиляции (регулировка подачи топлива).
2. Проверка состояния и работы жалюзи .
3. Очистка воздушных фильтров .
4. Промывка элементов масляных фильтров .
5. Продувка сжатым воздухом .
6. Электрооборудование
7. Электроизоляция .
8. Проверка состояния свободного хода колеса (рулевого) .

При транспортировании на спуск нормы необходимо уменьшать на 10 % - для БелАЗ - 7540, 15 % - для БелАЗ - 7548 и более мощных.

При работе автомобильного транспорта в зимнее время отраслевые линейные нормы расхода топлива увеличиваются: в южных районах страны - до 5 %, в северных районах - до 15 %, в районах Крайнего Севера и местностях приравненных к районам Крайнего Севера - до 20 %, в остальных регионах страны - до 10 %.

Линейные нормы расхода топлива увеличиваются при работе технологического автомобильного транспорта на карьерах, расположенных над уровнем моря: от 1000 до 1500 м - на 5 %, от 1501 до 2000 м - на 10 %, от 2001 до 3000 м - на 20 %.

Таблица 16.1

Укрупненные линейные нормы расхода топлива для усредненных условий в центральной климатической зоне при транспортировании груза на подъем (по Гипроруде)

Марка автосамосвала	БелАЗ-7540	БелАЗ-7548	БелАЗ-7525 (автопоезд)	БелАЗ-7509	БелАЗ 75191	БелАЗ- 75211
Расход топлива на 100 км пробега, кг	135	200	210	310	465	650

16.4. Дороги

- По схеме расположения съездов – прямые (неглубокие и нагорные), спиральные (с ограниченными размерами и глубокими) и петлевые (когда невозможно использовать прямые) и их комбинациям.
- Делятся на категории по грузообороту (и интенсивности движения, кол. машин /час) и грузоподъемности: I, (до 75т; более 15 млн.т), II (более 75 ; 5-15 и до 8), III (более 25, 8-25 и до 8)
- по сроку службы: постоянные (назначение и срок службы до 1-2 лет) и временные (на срок более 2 лет + назначение)+ заезды;
- по назначению и виду перевозимых грузов: производственные(технологические) и хозяйственные;
- по типу дорожного покрытия.

покрытие - верхняя часть одежды, предназначенная для восприятия усилий от колес автомобиля и атмосферных воздействий; материал - асфальтобетон, каменные материалы, обработанные органическими вяжущими, фракционный щебень;

- **основание** - средняя часть дорожной одежды, обеспечивающая совместно с покрытием перераспределение и снижение давления на расположенные ниже слои или грунт земляного полотна.

Ширина двухпутной дороги $B_d = 2 K_v B_a + \Delta$, м или

Ширина проезжей части двухполосной дороги определяется по известной формуле

$$B = 2(a + m + n),$$

где a - ширина автомобиля; m - половина зазора между встречными автомобилями, или расстояние от внутреннего края автомобиля до оси дороги; n - расстояние от колес автомобиля до края проезжей части дороги. Значения m и n зависят от скорости движения автосамосвала и его ширины. На основании проведенных исследований рекомендуется принимать расчетную скорость движения 40 км/ч - для постоянных дорог и 25 км/ч - для временных.

Расстояние от автосамосвала i -го типа до оси двухполосной дороги определяется из выражения

$$m_i = m_b k',$$

где m_b - значение этого параметра для базового автосамосвала, за который принят БелАЗ-7547; k' - соотношение ширины автосамосвала i -го типа и базового. Для автосамосвала БелАЗ-7547

$$m_b = 1 + 0,01 v.$$

Параметр n зависит от высоты расположения кабины автосамосвала и определяется из выражения

$$n_i = n_b k'',$$

где n_b - значение этого параметра для автосамосвала БелАЗ-7547;
 k'' - соотношение высоты i -го автосамосвала и базового.

$$n_b = 0,5 + 0,001 v,$$

Выбор ЭАК

Контрольные вопросы.

1. Приведите компоновочные схемы автосамосвалов.
2. Расскажите об устройстве основных узлов автосамосвала (двигатель, шасси, трансмиссия, ходовая часть, кузов, шины).
3. Перечислите основные параметры машин.
4. Объясните принципы выбора автосамосвалов для конкретных горнотехнических условий.
5. Определите силу тяги автосамосвала (индикаторную, касательную, полезную).
6. Приведите расчетные формулы для определения тормозного пути и расхода топлива.
7. Приведите пример тяговой диаграммы и объясните ее назначение.
8. Расскажите о способах определения скорости движения машин.
9. Перечислите виды технического обслуживания автосамосвалов и их состав.
10. Перечислите виды ремонтов автосамосвалов и их состав.
11. Определите технико-экономические показатели работы автотранспорта.
12. Сформулируйте достоинства и недостатки автотранспорта и область его применения на горных предприятиях.

Лекция 21-22

Ленточные конвейеры

Конвейерный транспорт применяется как на мягких горных породах, так и на скальных породах при расстоянии транспортирования 4-6 км (в отдельных случаях до 20 км).

Конструкция и теория привода ленточных конвейеров

Устройство ленточных конвейеров

Ленточный конвейер – транспортная установка перемещающая насыпные грузы на конвейерной ленте. Лента перемещается по роликоопорам, установленным на ставе конвейера или подвешенным к кровле выработки. Лента приводится в движение приводным барабаном за счет сил трения.

Принцип действия, устройство и классификация. Конструкция элементов ленточного конвейера: приводных и натяжных станций, ленты, конвейерного става, роликоопор, загрузочных и разгрузочных устройств. Теория привода. Эксплуатационный расчет. Достоинства и недостатки, область применения. Техничко-экономические показатели и правила безопасности при эксплуатации конвейеров. Назначение и конструктивные особенности конвейеров специальных типов: крутонаклонных, ленточно-канатных, трубчатых и шланговых, цепных и тележечных, многоприводных.

Конвейерные установки в техническом отношении представляют собой достаточно совершенный и перспективный транспорт с большой производительностью и относительно небольшими энергозатратами. Основной и наиболее дорогой частью конвейерных установок является лента, поэтому особое внимание следует уделить изучению конструкции лент, области их применения, обслуживания и ремонта. Следует хорошо представлять себе современные способы и средства стыковки лент.

Привести примеры обозначения : ЛУ100, ЛБ, ЛЛ, Л, ЛНИ (ЛКН), КЛО, КЛМ, КЛЗ, С- и др.

Ленточные конвейеры можно классифицировать по следующим основным признакам.

1. По исполнению – поставляемые комплектно (предназначены, как правило, для горнорудной промышленности, выпускаются в соответствии с принятыми типажам и соответствующими им параметрическими рядами) и поэлементно (лента, барабаны, роликоопоры и т.д. Эти конвейеры относятся к оборудованию общего назначения, используемому в различных отраслях промышленности).

2. По расположению грузонесущей ветви ленты – конвейеры с верхней и нижней грузонесущей ветвями ленты.

3. По форме поперечного сечения грузонесущей ветви – конвейеры с желобчатой и плоской лентами.

4. По типу ленты – конвейеры с гладкой прорезиненной прокладочной и резинотросовой, с рифленой и перегородчатой (для увеличенных углов наклона), со стальной цельнокатаной и сетчатой лентами.

5. По типу опорных устройств для ленты – конвейеры с роликовыми опорами, жесткими и эластичными; с неподвижными опорами трения; с опорой на воздушную подушку; с комбинированными опорными устройствами.

6. По способу загрузки – конвейеры с непосредственной загрузкой с помощью желобов, с ускорительными устройствами - ленточными питателями и метательными машинами (для высокоскоростных магистральных конвейеров).

7. По способу разгрузки – конвейеры с разгрузкой через концевой барабан и с разгрузкой в средней части конвейера с помощью приводных и не приводных, стационарных и передвижных устройств.

8. По типу привода – конвейеры с барабанными, концевыми и промежуточными, и линейными (промежуточными) приводами.

9. По числу приводов – конвейеры одноприводные и многоприводные.

10. По типу натяжных устройств – конвейеры с винтовыми, реечными, тележечными, грузовыми, лебедочными и комбинированными, вертикальными грузовыми натяжными устройствами и дифференциальными уравнительными механизмами.

11. По направлению движения ленты – конвейеры нереверсивные и реверсивные.

12. По способу установки в рабочей зоне – конвейеры стационарные и передвижные.

13. По профилю трассы – конвейеры с прямолинейной, горизонтальной и наклонной, и комбинированными трассами, с выгнутыми и выпуклыми (в вертикальной плоскости) участками.

Ленточный конвейер в общем случае должен состоять из следующих элементов: бесконечно замкнутой конвейерной ленты; приводов; натяжного устройства; опорных и амортизирующих (в зоне загрузки) устройств; отклоняющих устройств (роликовых батарей, барабанов); загрузочных, разгрузочных и центрирующих устройств; очистителей конвейерных лент и устройств для механизированной уборки просыпи из подконвейерного пространства; ловителей конвейерной ленты (для наклонных конвейеров); систем смазки; опорных металлоконструкций (рам приводных и концевых барабанов, натяжных устройств, средней части конвейера, включая прогоны и стойки); устройств контроля и аварийного отключения привода конвейера (тросовых устройств с конечными выключателями, устройств, контролирующих поперечный сход ленты, ее продольные и поперечные разрывы, пробуксовывание ленты на приводе, целостность каркаса ленты); ограждений подвижных элементов (муфт, тележек натяжных барабанов, противовесов натяжных устройств); аспирационных систем.

Ленточные конвейеры характеризуют следующие основные параметры: номинальная ширина ленты B (от 0,5 до 3 м); скорость ее движения v (до 5 м/с для внутризаводских и до 10-15 м/с – для магистральных конвейеров); крупность транспортируемого груза d_{max} (до 300-400 мм); длина транспортирования L (обычно от нескольких десятков до нескольких сот метров, магистральные конвейеры могут иметь длину до нескольких километров); угол наклона конвейера β (для гладких лент до 20° , обычно – 12° - 16° ; для лент с преградами – до 30° ; для специальных типов конвейеров – с прижимной лентой – до 50° - 60°).

Конструкция элементов ленточного конвейера: приводных и натяжных станций, ленты, конвейерного става, роликоопор, загрузочных и разгрузочных устройств. Теория привода.

Конвейерные ленты. В соответствии с функциональным назначением конвейерной ленты как тягово-несущего элемента, она состоит из каркаса, воспринимающего продольные растягивающие усилия (натяжения) и обеспечивающего необходимую поперечную жесткость ленты, а также воспринимающего нагрузки от воздействия транспортируемого груза в процессе его подачи на ленту, и эластичного (чаще резинового) покрытия, предохраняющего каркас от механических повреждений, истирания и попадания влаги.

Каркас может выполняться из соединенных способом вулканизации отдельных слоев – прокладок (прокладочные ленты) или завулканизированных в толще ленты стальных проволоочных канатиков диаметром до 5-6 мм (резинотросовые ленты).

Прокладки изготавливаются из хлопчатобумажных или синтетических тканей: полиамидных (вискоза, капрон, нейлон, анид, арамид) или полиэфирных (лавсан).

Покрытие лент выполняется в виде верхней (рабочей) и нижней (нерабочей) обкладок и боковин.

Конвейерные ленты различаются по ширине B , пределу прочности на разрыв 1 см ширины одной прокладки или всей (резинотросовой) ленты K_p (Н/см), числом прокладок i , толщиной обкладок δ_1 и δ_2 , коэффициентом относительного удлинения K_u .

Ширина лент выбирается из ряда: 0,5; 0,65; 0,8; 1; 1,2; 1,4; 1,6; 2; 3 м. Предел прочности, в зависимости от материала каркаса, для прокладочных лент, от 540 до 3000 Н/см, а для арамидной основы – до 25 кН/см. Резинотросовые ленты имеют этот показатель до 25 кН/см. Минимальное число прокладок ($i = 3$) определяется из условия обеспечения достаточной жесткости в поперечном направлении (чтобы не происходило высыпания материала с ленты в пролетах между опорными элементами), а максимальное (12) – из условия ограничения жесткости в продольном направлении (для ограничения диаметров барабанов, огибаемых лентой, по критерию долговечности ленты).

Толщина обкладок выбирается в зависимости от физико-механических свойств транспортируемого груза (в основном от крупности и формы кусков). Для рабочей стороны ленты этот показатель принимается равным 3; 4,5 и 6 мм, а для нерабочей – 1 и 2 мм.

Упругие свойства ленты характеризуются коэффициентом относительного удлинения. Для прокладочных лент, в зависимости от материала каркаса он изменяется от 0,01 до 0,04, а для резинотросовых – от 0,0025 до 0,005.

Бесконечно замкнутый контур ленты формируется из отдельных ее кусков (в каждой бухте – до 70 м), поэтому важнейшими элементами конвейерной ленты является стыковочные узлы, число которых зависит от длины конвейера и может достигать до нескольких десятков (для магистральных конвейеров).

Стыковку свободных концов конвейерных лент производят с помощью разъемных и неразъемных соединений (горячая и холодная вулканизация, сшивка, клепка).

Общая длина стыка неразъемных соединений прокладочных лент

$$l_c = B/2 + l'_c(i-1), \quad (31)$$

где l'_c – длина ступени (200÷400 мм) разделанного свободного конца ленты.

Длина стыка резиновых лент определяется из условия равенства сопротивления выдергиванию канатов их суммарному разрывному усилию (обычно длина стыка равна ширине ленты). Известно много схем разделки свободных концов ленты, но во всех случаях на канатах должен оставаться слой резины для лучшей адгезии при вулканизации.

Прочность стыков вулканизированных лент обычно не меньше прочности самой ленты, прочность других соединений – значительно меньше (у клепанного стыка – не более 40% прочности ленты).

Привод предназначен для выполнения двух функций: сообщения конвейерной ленте движущего (тягового) усилия и преобразования вращательного движения ротора двигателя в поступательное движение ленты.

Тяговое усилие ленте передается за счет сил трения между лентой и приводным барабаном (-ами) или лентой линейного привода.

В основе принципа действия барабанного привода – способность барабана удерживать от скольжения охватывающую его конвейерную ленту, набегающая и сбегаящая ветви которой имеют разные по величине натяжения. От скольжения ленту удерживают силы трения, возникающие в зоне ее контакта с цилиндрической поверхностью барабана за счет прижатия к ней натянутой ленты. Чем больше натяжение, тем с большим усилием лента прижимается к барабану и тем больше сила трения, удерживающая ленту на барабане.

Предельное отношение максимального S_{max} и минимального S_{min} натяжений для гибкой, невесомой и нерастяжимой нити впервые найдено Л. Эйлером. Применительно к реальному физическому телу – конвейерной ленте, обладающей упругими свойствами (см. п. 4.2), это отношение соответственно для силового и тормозного режимов работы привода

$$S_{НБ} / S_{СБ} = e^{\mu \alpha} \quad \text{и} \quad S_{СБ} / S_{НБ} = e^{-\mu \alpha} \quad (32),$$

где μ – коэффициент сцепления ленты с цилиндрической поверхностью барабана; α – угол обхвата лентой барабана, рад. Показатель $e^{\mu \alpha}$ называется тяговым фактором. Значение μ всегда меньше соответствующей величины коэффициента трения f и зависит от характера контактирующих поверхностей и упругих свойств ленты.

Из соотношений (32) следует (рис. 16), что натяжение ленты на барабане меняется по экспоненциальному закону, увеличиваясь для силового режима работа от $S_{НБ}$ к $S_{СБ}$, а для тормозного – наоборот. Поскольку лента – упругое тело, в зоне большего натяжения лента растянута больше, чем в зоне меньшего натяжения, поэтому за счет разных по величине упругих деформаций в пределах угла обхвата при вращении барабана по часовой стрелке лента, постоянно подтягиваясь в сторону большего натяжения, упруго проскальзывает по поверхности барабана, отставая от него. Из-за подвижного контакта между лентой и барабана $\mu < f$, а поверхности барабана и ленты неизбежно изнашиваются пропорционально постоянно совершаемой работе сил трения.

Максимально возможное тяговое усилие, которое может быть обеспечено барабанным приводом, соответственно для силового и тормозного режимов работы (32)

$$W_0 = S_{СБ}(e^{\mu \alpha} - 1); \quad W_0 = S_{НБ}(e^{-\mu \alpha} - 1) \quad (33),$$

С другой стороны, тяговое усилие, определяемое нагрузкой на конвейер, $W_0 = S_{НБ} - S_{СБ}$, поэтому для силового режима ротора привода $W_0 > 0$, а для тормозного – $W_0 < 0$.

Пути увеличения тягового усилия определяются уравнением (33). Их три:

а) за счет увеличения предварительного натяжения ленты $S_{СБ}$ для силового или $S_{НБ}$ для тормозного режима (рис. 17, а);

б) за счет увеличения коэффициента сцепления ленты с барабаном μ (рис. 17, б);

в) за счет увеличения угла обхвата α (рис. 17, в).

Величина $S_{НБ}$ или $S_{СБ}$ лимитируется прочностью используемой конвейерной ленты: увеличение величин $S_{НБ}$ или $S_{СБ}$ автоматически приводит к увеличению $S_{НБ}$ ($S_{СБ}$) или натяжения в другой точке с максимальным натяжением. Однако этот путь самый простой, доступный, поэтому широко используется на практике.

Для увеличения μ барабаны футеруются резиной (чаще всего), деревом, бетоном, алюминием, цинком, резиноасбестовой массой. Однако с ростом μ из-за постоянного упругого

проскальзывания ленты увеличивается ее фрикционный износ. Величина износа и лимитирует величину μ . Обычно стараются не превышать $\mu \cong 0,4$ (соответствует резиновой футеровке при сухих поверхностях ленты и барабана).

Увеличения угла обхвата и тягового усилия можно добиться применением многобарабанных приводов (рис. 18, а-г), однобарабанных приводов с отклоняющимися барабанами (рис. 18, д) или однобарабанных с прижимными роликами (рис. 18, е).

Тяговое усилие, определяемое (33), реализуется далеко не всегда в полном объеме, а определяется фактической нагрузкой и схемой конвейера. Если потребная величина тягового усилия (10) меньше максимально возможной (33), то фактическое натяжение ленты от S_{CB} ($S_{НБ}$) до $S_{НБ}$ (S_{CB}) возрастает не на всей дуге обхвата α , а лишь на дуге скольжения α_c (рис. 16). Угол $\alpha_{оп} = \alpha - \alpha_c$ называется углом относительного покоя, т.к. лента на этой части дуги обхвата не проскальзывает по барабану, поскольку ее натяжение не меняется.

Барабанный привод (рис. 19), в зависимости от угла наклона конвейера, комплектуется следующим оборудованием: электродвигателем, редуктором, соединительными муфтами, тормозом, остановами [1, 2]. Конвейеры, транспортирующие груз вверх при углах наклона более 6-10 градусов, должны оборудоваться тормозами и остановами (рис. 19, а, б, в). Причем тормоз может быть установлен на валу приводного барабана (тихоходном валу) или на быстроходном валу со стороны редуктора. Преимущества следует отдавать установке тормоза на тихоходном валу, т.к. это позволяет производить ремонт и замену элементов привода при остановленном конвейере с загруженной лентой.

Останов устанавливается на тихоходном валу, когда там не может быть установлен тормоз, или на свободном конце быстроходного вала редуктора.

Конвейеры, транспортирующие груз вниз при углах больше 6°, а также горизонтальные и слабонаклонные, оборудуются тормозами (рис. 19, г, д). Для горизонтальных конвейеров тормоза нужны для ограничения времени затормаживания, если в этом есть необходимость.

Натяжное устройство, являясь обязательным элементом ленточного конвейера, выполняет следующие функции: обеспечивает расчетную величину натяжения ленты S_{CB} в точке ее сбегания с фрикционного привода (барабанного или линейного), исключая пробуксовывания ленты; обеспечивает допустимый провес ленты в пролетах между опорными элементами (роликоопорами) на грузовой и холостой ветвях ленты; компенсирует упругое и остаточное удлинения ленты в процессе эксплуатации конвейера; обеспечивает проведение работ, связанных с навеской ленты (при ее стыковке) и ремонтными операциями, требующими ослабления натяжения ленты.

Указанные функции реализуются с помощью натяжных устройств грузовой, механического и комбинированного типов. К грузовым натяжным устройствам относятся тележечные с подвеской натяжного груза с помощью полиспаста для выигрыша в силе (рис. 20, а) или для выигрыша в скорости (рис. 20, б) и вертикальные (рис. 20, в). Натяжные устройства механического типа могут быть винтовыми (рис. 20, г) и лебедочными (рис. 20, д). Комбинированные натяжные устройства (рис. 20, е) сочетают достоинства грузовых и лебедочных и используются на мощных конвейерах большой длины.

Опорные устройства предназначены для поддержания ленты в пролётах между концевыми барабанами на грузовой и холостой ветвях. Известны способы поддержания ленты с помощью: а) роликоопор, плоских и желобчатых, жестких и эластичных (рис. 21, а, б); б) катковых опор подвесной ленты (рис. 21, в); в) воздушной подушки (рис. 21, г); г) неподвижного настила – опор трения (рис. 21, д).

Наиболее распространенными являются роликовые опоры, перспективными - катковые; опирание ленты на воздушную подушку наиболее целесообразно на холостой ветви ленты, где происходит наиболее интенсивный абразивный и усталостный износ элементов роликоопор в результате взаимодействия с загрязнённой транспортируемым грузом поверхностью ленты.

Отклоняющие устройства обеспечивают изменение направления движения конвейерной ленты для формирования соответствующего её контура.

Для этой цели используют: а) барабаны – отклоняющие с углом обхвата $< \frac{\pi}{2}$ (рис. 22, а); оборотные с углом обхвата $\sim \pi/2$ (рис. 22, б); концевые с углом обхвата $\sim \pi$ (рис. 22, в); б) батареи роликоопор для формирования выпуклого участка (рис. 22, г); в) равновесные вогнутые участки (рис. 22, д).

Радиус выпуклых участков контура выбирается из условия обеспечения прочности на разрыв наружчатых кромок желобчатой ленты, $R_{вып} \geq (9 \div 12) B$, где B – ширина ленты, м. Радиус вогнутых участков рассчитывается из условия равновесия ленты под действием ее веса (без груза, т.к. последний на криволинейном участке ленты может отсутствовать) и натяжения (см. также [1], механизмы передвижения кранов): $R_{вог} = K_{\beta} S_{кр} (q q_l)^{-1}$, где K_{β} – коэффициент, учитывающий величину угла наклона конвейера в зоне перегиба ($K_{\beta} > 1$); $S_{кр}$ – натяжение ленты в зоне перегиба, Н; q_l – линейная масса ленты, кг/м.

Загрузочные устройства предназначены для подачи на ленту подлежащего транспортированию груза, предотвращения просыпи груза за пределы ленты, ограничения динамического и абразивного воздействия груза на ленту, предотвращения пылеобразования в рабочей зоне.

Разгрузочные устройства обеспечивают освобождение конвейера от транспортируемого груза. Разгрузка транспортируемого груза может осуществляться через головной барабан или в средней части конвейера с помощью специальных стационарных или передвижных устройств. Подробнее о загрузочных и разгрузочных устройствах см. в [4, 5].

Достоинства и недостатки, область применения. Техничко-экономические показатели и правила безопасности при эксплуатации конвейеров. Назначение и конструктивные особенности конвейеров специальных типов: крутонаклонных, ленточно-канатных, трубчатых и шланговых, цепных и тележечных, многоприводных.

Основные конвейерные схемы, устройство и область применения конвейеров; теория привода.

Контрольные вопросы:

1. Объясните общее устройство конвейерной установки и принцип ее действия.
2. Объясните конструкцию отдельных узлов конвейера (привод, натяжные станции, очистные устройства ленты и др.).
3. Объясните устройство конвейерных лент различных типов, объясните методику выбора лент для конкретных условий эксплуатации и методику определения запаса прочности ленты.
4. Объясните конструкции конвейеров специального назначения и область их применения.
5. Приведите особенности расчета конвейеров специального типа.
6. Приведите основные схемы конвейерного транспорта на открытых горных работах.
7. Перечислите особенности условий эксплуатации конвейеров на открытых горных работах.
8. Определите техническую и эксплуатационную производительность конвейерных установок.
9. Определите достоинства и недостатки конвейеров.
10. Перечислите основные правила их эксплуатации, обслуживания и ремонта.

Лекция 23

Комбинированные виды транспорта

Автомобильно-железнодорожный

Совместная работа может осуществляться в двух видах:

1. Автомобильный и железнодорожный транспорт применяется независимо друг от друга, т.е. выполняют самостоятельные роли.

В этом случае, один из данных видов транспорта, например, железнодорожный применяется только на верхних горизонтах для транспортировки вскрышных пород. Автомобильный транспорт используется только для полезного ископаемого.

2. Автомобильный и железнодорожный транспорт применяется в комбинации, т.е. грузопоток прерывается перегрузочными пунктами. Перегрузка полезного ископаемого с одного вида транспорта на другой производится на перегрузочных пунктах. Обычно такая схема применяется на мощных карьерах. При таком способе полезное ископаемое поступает на погрузочный пункт и далее на обогатительную фабрику.

Применение данной схемы даёт следующие преимущества:

1. Высокие маневренные и скоростные качества автомобильного транспорта, в сочетании с высокой экономичностью и производительностью железнодорожного транспорта, обеспечивает наибольший технико-экономический эффект. Связующим звеном являются внутрикарьерные склады.

2. Сравнительно легко вести селективную добычу руд или их усреднения до нужного качества.

3. Обеспечивается ритмичная работа предприятия за счёт имеющихся на складе руд.

Можно создать аккумулирующие запасы руд в начальный период строительства в случае задержки строительства обогатительной фабрики.

В настоящее время внутрикарьерное складирование применяется при производительности карьера до 50 млн. т/год. Железнодорожный транспорт способствует ускорению развоза бортов, развитию большого фронта работ и высокой производительности. Однако при увеличении глубины карьера, возможности железнодорожного транспорта ограничиваются.

Применение автомобильного транспорта в начальный период обеспечивает более быстрое вскрытие. В этом случае он становится выгоден с глубины 60 м.

Автомобильный транспорт обеспечивает:

упрощение транспортных коммуникаций;

распределение грузопотоков;

отработку уступов обособленными участками;

большую скорость проведения траншей;

интенсивность отработки при ограниченной длине фронта работ.

Всё это позволяет обеспечить высокую производительность выемочно-погрузочного комплекса, маневренность и высокие темпы разработки месторождения.

Перегрузочные работы с одного вида транспорта на другой обычно производят путём устройства складов, либо путём непосредственной перегрузки.

Достоинства экскаваторной перегрузки на складах:

позволяет легко осуществлять приём и отгрузку большого количества горной массы различных видов и сортов;

при достаточных размерах складов по длине возможно применение нескольких погрузочных механизмов и одновременную загрузку составов;

независимость транспортных средств на доставке и отгрузке транспортных средств;

простота устройства складов;

малые затраты времени на устройство и перенос складов.

Недостатки:

значительная площадь на рабочих горизонтах;

требуется на складах дополнительное количество экскаваторного оборудования.

Непосредственная перегрузка из самосвалов в вагоны

Достоинства:

1. Большая производительность перегрузки;
2. Небольшие капитальные затраты на сооружение площадок и складов;
3. Низкая стоимость перегрузочных работ;
4. Незначительная площадь для перегрузочного пункта;
5. Отсутствие дорогостоящего пункта;
6. Возможность автоматизации.

Недостатки:

1. Трудность в достижении синхронной работы автомобильного и железнодорожного транспорта;
2. Сложность загрузки на полную грузоподъёмность;
3. Необходимость маневровых операций в случае загрузки вагонов различными сортами руд;
4. Возможность повреждения вагонов крупными кусками руды;
5. Быстро засоряются погрузочные пути;
6. Большая запылённость в зоне перегрузки.

Способ перегрузки должен выбираться с учётом местных условий и оснований ТЭ расчётов.

По расположению различают склады и перегрузочные пункты на поверхности и рабочих горизонтах. На поверхности склады и перегрузочные пункты устраиваются при небольшой глубине и длине откатки, стеснённых условий карьера, сложной его конфигурации и при наличии в карьере одного вида транспорта.

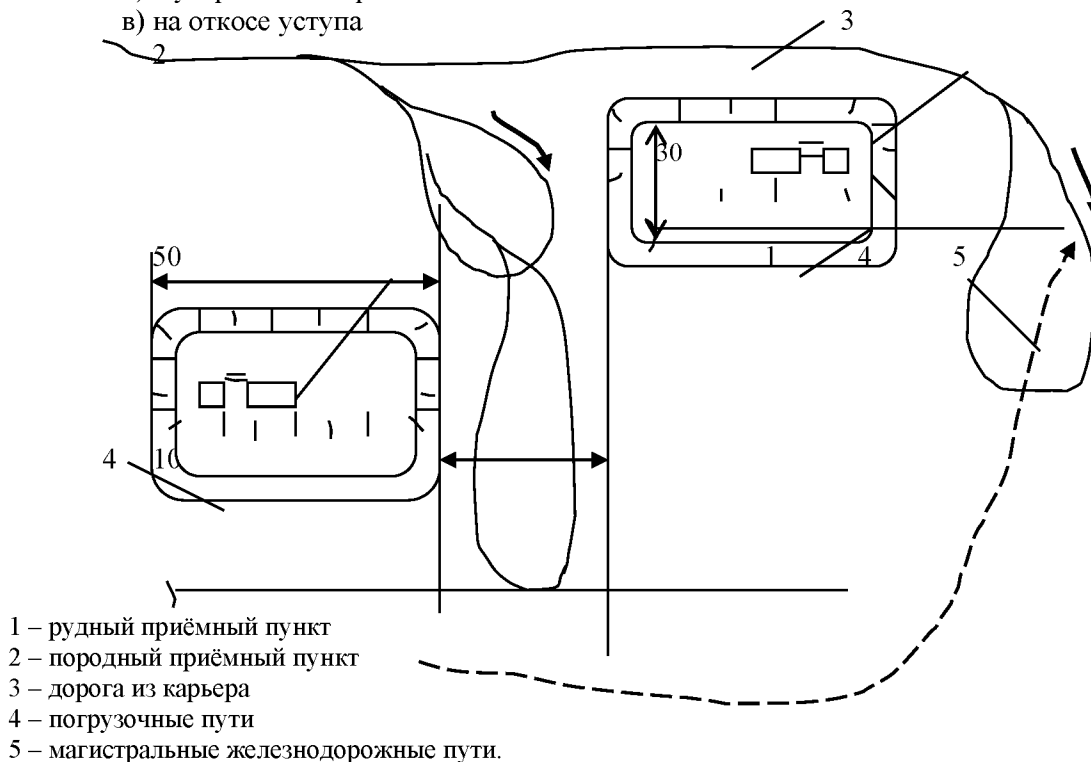
Наиболее распространены перегрузочные пункты на рабочих горизонтах; их стремятся расположить в горловинах траншей и на рабочих площадках, где верхние уступы по развитию значительно опережают нижние.

Место первоначального размещения складов на одном из горизонтов определяется соотношением длин откатки между двумя видами транспорта до и после пункта перегрузки.

$L \leq 1$ км (ОФ – карьер) первый перегрузочный пункт на глубине $H = 40 \div 50$ м, ширина рабочей площадки должна быть больше или равной $50 \div 60$ м; $70 \div 80$ м (склады).

Схемы устройства внутрикарьерных экскаваторных перегрузочных складов.

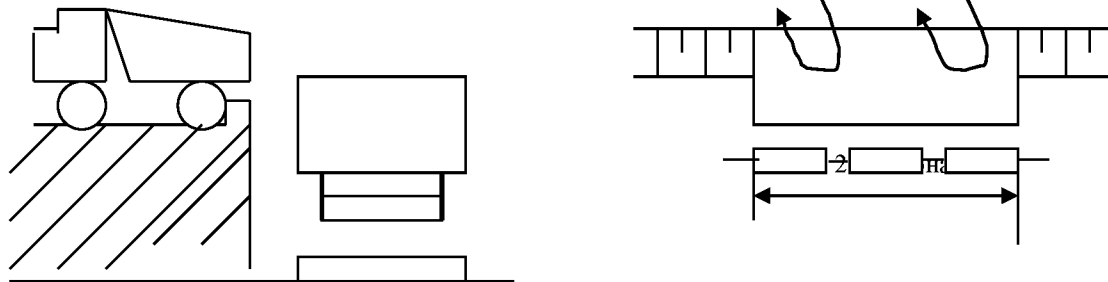
- а) с устройством первичной насыпи
- б) с устройством приямка
- в) на откосе уступа



Производительность таких пунктов до 3 млн. т.

Протяжённость складов по фронту до 500 м.

Эстакадные перегрузочные пункты



23.2. Автомобильно – скиповой транспорт.

Область применения – рудные карьеры средней и большой глубины и относительно небольшой мощности 7÷10 млн. т горной массы с устойчивыми бортами. Угол подъёма 20÷45°.

Преимущество: возможность транспортирования взорванной горной массы без предварительного дробления.

Недостатки:

сложность перегрузки крупнокусковой горной массы самосвалов в промежуточный бункер и из бункера в скип;

невысокая производительность;

мощность двигателей в 22,5 раза больше, чем у конвейерного транспорта;

значительные размеры и масса скиповых подъёмных машин.

Чтобы избежать громоздких накопительных бункеров, их вместимость и грузоподъёмность скипов принимается равной ёмкости кузова автосамосвалов. При такой системе требуется чёткая работа автотранспорта и скипового подъёма.

Лекция 24

Гидромеханизация ОГР

Способ механизации горных (земляных) работ, при котором все или основная часть технологических процессов осуществляется за счет энергии движущегося потока воды, называется **гидромеханизацией**.

Гидромеханизацию в горной промышленности применяют для:

- производства вскрышных работ на карьерах;
- добычи ПИ открыты, подземным и подводным способами, в т.ч. переработки отвалов, добычи сапропеля и со дна океанов;
- разработки и транспортировки пород для заилочных и закладочных работ на шахтах;
- производства земляных работ: намыв плотин, дамб, площадок, устройство каналов и траншей, котлованов и др.

Различают следующие способы проведения работ:

- Гидромониторная разработка с размывом породы в целике;
- Гидромониторная разработка с предварительным рыхлением;
- Гидротранспорт от экскаватора с погрузкой породы в бункер-смеситель;
- Разработка плавучим землесосным снарядом;
- Экскавация ковшами (экскаваторы и драги).

Условия применения:

- горные породы должны размываться (разрушаться) потоком воды;
- наличие источников воды с достаточным притоком;
- наличие электроэнергии;

Основное оборудование:

- гидромониторы;
- землесосы;
- драги;
- насосы;
- системы гидравлического транспортирования

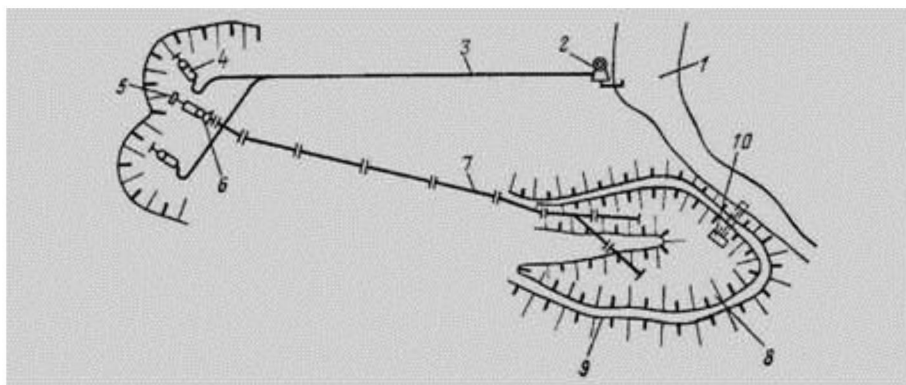


Рис 24.1. Гидромеханизация гидромониторами в карьере: 1 - водоём; 2 - насос; 3 - водовод; 4 - гидромонитор; 5 - зумпф; 6 - передвижная землесосная установка; 7 - пульпопровод; 8 - гидроотвал; 9 - оградительная дамба; 10 – фильтровальный колодец

Гидротранспорт

Применяется в карьерах на вскрышных и добычных работах и на культивации, (вскрыша перемещается в отвал, полезное ископаемое на обогатительную фабрику). Транспортирование до 10÷100 км.

При использовании гидромониторов, земснарядов, плавучих землесосных установок (земснарядов) при разработке россыпей - гидротранспорт является основным способом перемещения горной массы.

На открытых гидромеханизированных разработках применяют насосные станции, которые подразделяют:

- по назначению (забойные и станции перекачки);
- по расположению относительно водоисточника (плавучие и сухопутные);
- по сроку службы (стационарные и временные).

Забойные станции должны перемещаться, поэтому их делают передвижными (самоходными и несамоходными) на гусеничном, колесном ходу или шагающие. Несамоходные на специальных саях, металлических листах, понтонах и т.п.

В состав забойной станции входит: грунтонасос с электрическим приводом; пусковая аппаратура; эжектор для заливки насоса; система трубопроводов подачи воды к уплотнениям и подшипникам для их охлаждения; всасывающий и напорный трубопроводы с арматурой; грузоподъемное оборудование. Станции перекачки аналогичны забойным – стационарные.

Общие положения.

Гидротранспорт – это транспорт, при котором несущей средой является жидкость, обычно вода или газ (воздух). Он основан на том, что всякое тело, помещённое в поток жидкости, испытывает с его стороны давление тем больше, чем больше скорость потока. В общем случае величина давления на частицу материала может быть выражена формулой:

$$P_n = K_1 * v * \rho_o * d * \mathcal{G}_o + K_2 * \rho_o * d^2 * \mathcal{G}^2, \text{ Н,}$$

где K_1 и K_2 – коэффициенты сопротивления движению при ламинарном и турбулентном движении;

v - кинематический коэффициент вязкости среды, $\text{м}^2/\text{с}$;

ρ_o – плотность среды, $\text{кг}/\text{м}^3$;

d – диаметр частиц, м;

\mathcal{G}_o – относительная скорость, которая для находящейся на дне частицы равна скорости природного слоя.

В обычных случаях, когда скорость и турбулентность велики – величина первого слагаемого невелика, и ей можно пренебречь, и тогда: $P_n = K_2 * \rho_o * d^2 * \mathcal{G}^2, \text{ Н.}$

Можно определить зависимость между размерами твёрдой частицы и начальной скоростью, которая необходима для трогания частицы с места.

Под действием силы P_n , приложенной к центру частицы, последняя стремится

опрокинуться. Величина опрокидывающего момента: $M_o = P_n * \frac{d^2}{2} = K_2 * \rho_o * d^3 * V_o^2 * 0,5.$

Величина момента, препятствующего опрокидыванию, зависит от веса частицы в среде:

$$M_y = E * d^3 * g(\rho - \rho_o) * \frac{d}{2}.$$

где E – эмпирический коэффициент, зависящий от формы частицы;
 ρ – плотность материала;

$$M_o = M_{ц},$$

$$V_o = \alpha * \sqrt{d},$$

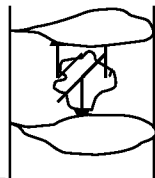
$$\alpha = \sqrt{\frac{E}{K^2} * \left(\frac{\rho}{\rho_o} - 1\right) * d}$$

Таким образом, в общем случае скорость трогания частицы пропорциональна корню квадратному от её диаметра.

Оптимальным является такой режим установки, при котором весь материал в потоке находится во взвешенном состоянии, при этом сопротивление движению минимально. Такое создаётся при турбулентном движении.

Обычно скорость движения потока в гидроустановках определяется в зависимости от гидравлической крупности материала, то есть от скорости свободного падения частиц в жидкости, а при пневмотранспорте от скорости «витания», то есть такой скорости восходящей струи, при которой частицы данной крупности и плотности остаются во взвешенном состоянии.

Схема сил:



A – выталкивающая сила,
 W – сопротивление перемещению частицы,
 $G = A + W$.

Предположим, что частица шар, то: $\frac{\pi * d^3}{6} * \rho = \frac{\pi * d^3}{6} * \rho_o + \psi * \frac{\pi * d^2}{4} * \frac{\rho_o}{g} * v_3^2,$

где d – приведённый диаметр шара, м;

ρ – удельная плотность материала, кг/м³;

ρ_o – плотность среды, кг/м³;

ψ – коэффициент обтекания;

v_3 – гидравлическая крупность (скорость «витания»).

$$v_3 = \sqrt{\frac{2 * \pi * d * g}{3 * \pi * \rho_o * \psi} * (\rho - \rho_o)} = \sqrt{\frac{2 * g}{3 * \psi} * \frac{d * (\rho - \rho_o)}{\rho_o}}.$$

При гидротранспорте:

$$\rho_o = 1 \text{ и } \sqrt{\frac{2 * g}{3 * \psi}} = c \Rightarrow v_3 = c * \sqrt{d * (\rho - 1)}$$

По опытам Риттенгера $C_1 = 0,55$.

При пневмотранспорте:

$$\rho_o \ll \rho, \text{ поэтому } v_3 = c_2 * \sqrt{d * \frac{\rho}{\rho_o}}.$$

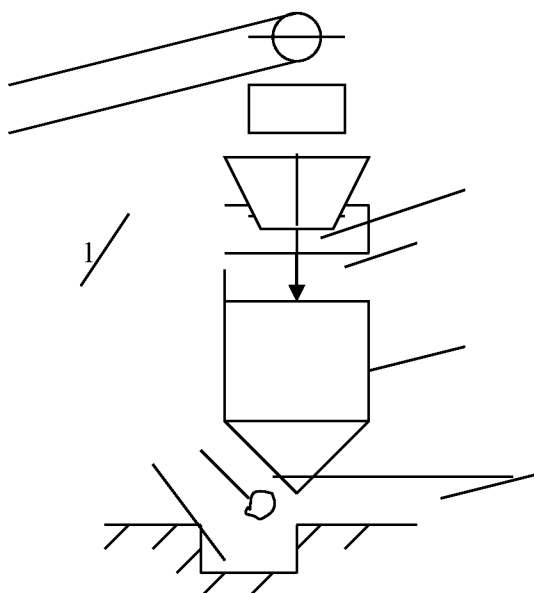
По Спиваковскому $C_2 = 10$.

Виды гидравлического транспорта. Понятие о пульте

Действующей силой, определяющей скорость потока, является напор. Напор может быть естественный (геодезический) и искусственный.

Транспорт за счёт естественного напора может производиться по желобам и трубам.

Транспорт при искусственном напоре – только по трубам (напорный гидротранспорт).



- 1-конвейер
- 2-грохот
- 3-пульпа (водосборник)
- 4-дробилка
- 5-смеситель
- 6-насос
- 7-напорный трубопровод

3 6

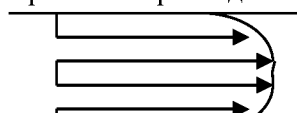
7

Пульпа характеризуется плотностью: $\rho_n = 1 - c + c * p = 1 + (p - 1) * c \text{ кг/м}^3$

где c – концентрация твёрдых фракций по объёму; ρ – плотность; $c * p$ – концентрация пульпы по весу.

Понятие о факторах, определяющих потери напора при транспортировании пульпы.

При ламинарном движении пульпы распределение скоростей имеет вид:



Минимальное движение у стенок.

При турбулентном движении процесс достаточно сложен и ещё не описан.

В расчётах гидротранспорта сначала для данных конкретных условий определяют все необходимые параметры для движения воды, а затем вводят поправки.

Транспортирование по желобам

Разрушенный грунт поступает по желобам, по одной из эмпирических формул (при средневзвешенном

$$d_{\text{ср.}} \geq 1,5 \text{ мм). } V_n = 1,9 * h_{\text{кр}}^2 * (0,35 + 2,15 * \sqrt{c * \rho * h_{\text{кр}}^2}) * \frac{\sqrt{d_{\text{ср}}}}{1,5}, \text{ м}^3 / \text{с},$$

где V_n – заданный расход пульпы;

$h_{\text{кр}}$ – глубина потока при критической скорости трения;

$c * \rho$ – концентрация поверхности.

Критическая скорость – скорость, при которой частицы находятся во взвешенном состоянии. При расчётах заданными величинами являются: V_n , $c * \rho$, $d_{\text{ср.}}$, а искомой – $h_{\text{кр}}$.

В независимости от производительности $h_{\text{кр}}$ всегда больше максимального размера кусков.

Глубина желоба: $h_{\text{жс}} = h_{\text{кр}} + 0,2, \text{ м}$.

Ширина желоба: $b_{\text{жс}} = (3 \div 4) * h_{\text{кр}}, \text{ м}$.

Сечение критическое: $F_{\text{кр}} = b_{\text{жс}} * h_{\text{жс}}$.

Критическая скорость: $V_{\text{кр}} = \frac{V_n}{F_{\text{кр}}}, \text{ м/с}$.

Фактическая скорость: $V_1 = n * V_{\text{с}}'$,

где n – коэффициент надёжности установки (2,5÷4);

$V_{\text{с}}'$ – гидравлическая крупность материала, м/с.

Для определения уклона для движения чистой воды в гидравлике пользуются формулой

$$\text{Шези: } i_o = \frac{V_1^2}{c^2 * R}, \text{ ‰},$$

где R – гидравлический радиус (отношение площади поперечного сечения струи к смачиваемому периметру), м;

C – коэффициент сопротивления движению (зависит от гидравлического радиуса и шероховатости поверхности). $c = \frac{1}{n_o} * R^y$

n_o – коэффициент шероховатости

при $R < 1$ $y = 1,5 * \sqrt{n_o}$

при $R > 1$ $y = 3 * \sqrt{n_o}$

для дерева $n_o = 0,01$

для металла $n_o = 0,008 \div 0,01$.

При транспортировании пульпы сопротивления возрастают, и углы наклонов желобов следует увеличивать: $i_n = i_o + i_1$,

где i_n – угол необходимый для преодоления сопротивления;

i_1 – пропорционален концентрации твёрдой пульпы по объёму c , удельному весу транспортируемого материала в воде и коэффициенту трения по дну желоба f .

$$i_1 = c * (p - 1) * f.$$

На практике уклон не ниже 0,05%. На закруглениях уклон увеличивается на 30%. Радиус закругления – не менее четырёхкратной ширины желоба. Дополнительная подача воды в желоб производится гидромониторами. Это самый дешёвый вид транспорта.

Транспортирование по трубам

Основанием для расчётов служат основные формулы из гидравлики:

$$h = j * \frac{V_1^2}{2 * g * D} * L + \frac{V_1^2}{2 * g}, \text{ м. в. ст.}$$

где h – напор, необходимый для преодоления сопротивления (м. в. ст.);

j – коэффициент гидравлических потерь;

D – диаметр трубопровода, м;

V_1 – средняя объёмная скорость движения, м/сек;

L – длина трубопровода, м;

$\frac{V_1^2}{2 * g}$ – ничтожно мал по сравнению с первым.

По данным академика Павловского: $j = 0,02 \div 0,03$, причём больше значение относят к большим скоростям: $j = \delta * Re^n$,

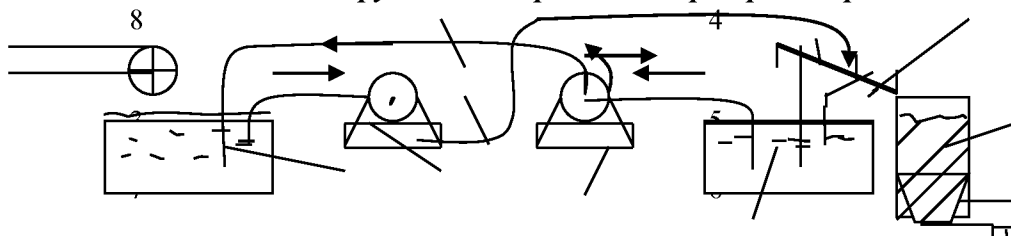
где Re – число Рейнольдса,

$Re \leq 2200$ – ламинарный поток

$Re > 2200$ – турбулентный поток.

По данным Стокса: ламинарный $\delta = 64$ $n = -1$; турбулентный $\delta = 0,3164$ $n = -0,25$.

Оборудование и расчёт гидротранспорта.



Насос 1 засасывает гидросмесь из приёмного устройства 2 и переходит по рабочему трубопроводу 3 к месту назначения, где есть обезвоживающее сито 4, отделённые крупные частицы поступают в бункер Б, а вода в отстойник 6. Осветлённая вода перекачивается насосом 7 по трубопроводам 8 в бункер 2.

Достоинства напорного гидротранспорта:

- значительная длина транспортирования без промежуточных перегрузок;
- возможность устройства трассы сложной конфигурации (и под любым углом наклона);
- отсутствие на трассе механических подвижных элементов, что обеспечивает высокую безопасность;

- возможность совмещать транспортирование с обогащением;
- экологичность;
- относительно высокая производительность и непрерывность потока;
- простота конструкции : трубопровод (небольшие размеры) и насосные станции;
- полная автоматизация установки;
- плотная укладка горных пород при намыве и закладке;
- высокая производительность труда рабочего (в 1,5÷2 раза выше, чем при ж/д транспорте);
- возможность попутного обогащения;
- плотность укладки горных пород при намыве.

Недостатки:

- резкое снижение производительности в зимний период;
- быстрый износ землесосов и пульповодов;
- большая энергоёмкость;
- необходимость предварительного дробления материалов.
- зависимость от наличия гидроресурсов.

Оборудование гидротранспорта

Землесосы – представляют собой центробежные одноколёсные насосы с рабочим колесом.

Проходное отверстие доводится до $0,8 * d$, где d – диаметр всасывающего патрубка.

Углесосы – предназначены для гидроподъёма и транспортирования угля на расстояние до 8 км. В качестве углесосов применяют мощные насосы. Транспортируют породы с консистенцией 1:3 до 1:12.

Вспомогательное оборудование:

Сальниковый шарнир всасывающего трубопровода, который позволяет изменять глубину опускания всаса в зумпф. Водоструйный вакуумный насос для удаления воздуха из корпуса землесоса.

Обратный клапан – устанавливается на опорном трубопроводе (защита от обратного столба пульпы).

Измерительные приборы.

Определение производительности и диаметра землесоса

7. Для выбора типа землесоса определяют его необходимую производительность по пульпе:

$$Q_n = \frac{V_{ep} * [(1-m) + n]}{t * c * 7 * \eta_p}, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где V – сезонная заданная производительность;

m – пористость грунта;

n – удельный расход воды;

η_p – коэффициент использования во времени;

t – число рабочих дней в сезоне;

c – число смен;

7 – число часов в смене.

Выбор диаметра пульповода:
$$D = \sqrt{\frac{4 * Q_n}{3600 * g}}, \text{ м},$$

где g – скорость движения струи (несколько превышает критическую), берётся из таблиц.

Напор землесоса – количество удельной энергии, которую сообщают каждому килограмму пульпы, протекающего через неё: $H = h + h_{ep} + h_n + h_{bc} + h_{ост}$, м,

где h – потери на подъём пульпы: $h = (z_1 - z_2) * \gamma_n$

γ_n – удельная плотность пульпы;

$$h_{ep} - \text{потери на трение: } h_{ep} = \lambda * \frac{l}{d} * \frac{V^2}{2 * g}$$

λ – коэффициент гидравлических потерь; l – длина трубы, м; d – диаметр трубы, м; h_m – местные потери ($0,1 * h_{ep}$); h_{bc} – потери на всасе ($2 \div 3$ м); $h_{ост}$ – потери остаточные ($7 \div 10\%$ от всех h).

Экономические показатели

Монтаж	- 1%
Демонтаж	- 1,5%
Электроснабжение	- 82%
Амортизация	- 10%
Эксплуатационные расходы	- 5,5%

Лекция 25-26 Производственная и техническая эксплуатация

Эксплуатация - стадия жизненного цикла, на которой реализуется, поддерживается и восстанавливается её качество.

ГОСТ 25866-83 Эксплуатация техники. Термины и определения

Направления развития эксплуатации как науки

Управление реализацией эксплуатационных свойств, обеспечивающих эффективное использование возможностей техники, материальных и трудовых ресурсов.

Комплексная система инженерно-технических и организационных мероприятий, обеспечивающих наиболее эффективное использование возможностей машин: высокую производительность и безопасность, минимальные простои при ТО и Р, высокий процент работоспособности и готовности при минимальных затратах.

Производственная эксплуатация - Эффективное использование машин, находящихся в работоспособном состоянии.

- рациональная организация работы машинного парка;
- совершенствование методов использования возможностей машины (производительности, безопасности, мощности, скорости, сил и др.);
- наиболее полное использования машины во времени.

Техническая эксплуатация - Обеспечение работоспособного состояния

- транспортирование и хранение;
- наблюдение за монтажом и приемка в эксплуатацию;
- организация ТО – управление, уход и снабжение запасными частями;
- организация технического надзора;
- организация профилактических и планово – предупредительных ремонтов и контроль за их проведением.

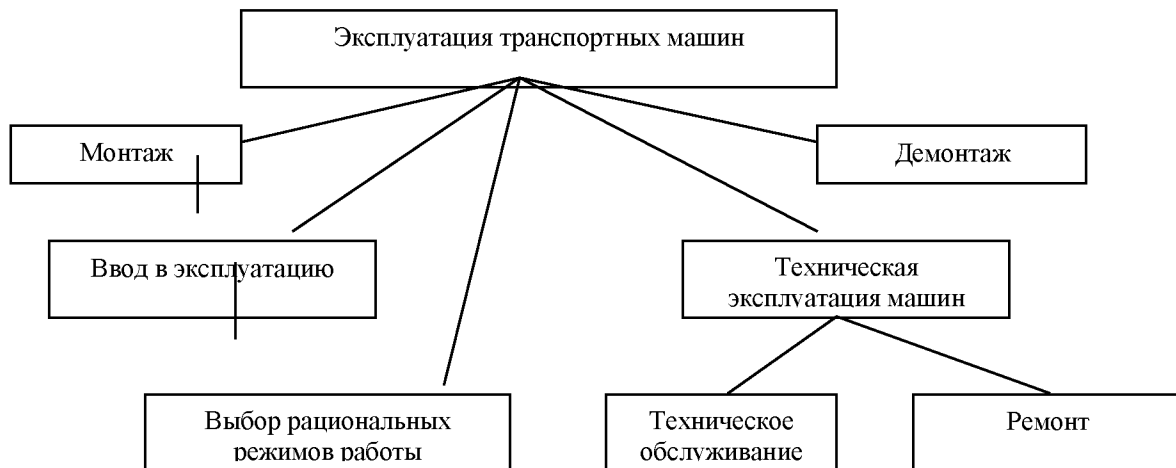


Рис.25.1. Функциональная структура эксплуатации горных машин

Под эксплуатацией машин следует понимать комплексную систему инженерно-технических и организационных мероприятий, обеспечивающих наиболее эффективное использование оборудования, высокую его производительность и безопасность, минимальные простои при техническом обслуживании и ремонте, высокий процент работоспособности и готовности к работе при минимальных затратах.

Поддержание работоспособного состояния парка машин и оборудования связано со значительными трудовыми и материальными затратами, соизмеримыми, а подчас и превышающими затраты на изготовление самих машин. Поэтому высокоэффективное использование новой техники, а также огромного парка машин, находящегося в эксплуатации, имеет большое народно-хозяйственное значение.

Рациональная организация работы машинного парка, совершенствование методов использования машин по мощности и времени (производственная эксплуатация) и соответственно сокращение всех видов простоев, повышение коэффициентов сменности и технической готовности, улучшение качества технического обслуживания и ремонта машин – важнейшие задачи, которые решаются при эксплуатации машин.

Работы в области эксплуатации ведутся в двух взаимосвязанных направлениях: во-первых, эффективное использование машин, находящихся в работоспособном состоянии (производственная эксплуатация); во-вторых, обеспечение работоспособного состояния машин (техническая эксплуатация).

Зависимости между параметрами рабочего процесса (усилиями на рабочих органах и скоростями их перемещения, числами оборотов, условиями работы и др.), рассматриваемые при установлении рационального режима работы, дают возможность определить оптимальные условия работы машины, обеспечивающие наибольшую ее производительность и в то же время не допускающие нарушения нормальной работы ее деталей и узлов, при которых обеспечивается их естественный износ.

Следовательно, теория рабочего процесса является одним из основных моментов, на которых основывается эксплуатация подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин. Оптимальный рабочий процесс обеспечивает максимальное использование эксплуатационных свойств машины.

Сохранение эксплуатационных свойств машин достигается обеспечением минимальных скоростей нарастания износа ее узлов и деталей и своевременным устранением его последствий.

Естественный износ деталей не может быть устранен полностью, однако соблюдение оптимальных условий режимов работы машины и ее надлежащее техническое обслуживание резко уменьшают его.

Для правильной разработки системы мероприятий по техническому обслуживанию и их периодичности необходимо знать закономерности изнашивания деталей машин в зависимости от различных факторов, на него влияющих.

Таким образом, теория износа является вторым важнейшим фактором, на котором основывается эксплуатация машин.

Основной причиной изнашивания деталей машин является внешнее трение между сопряженными деталями. Уменьшить воздействие трения можно смазкой, защищающей трущиеся поверхности от возникающих интенсивных молекулярных процессов.

Влияние смазки на трение и износ деталей является важным процессом при эксплуатации машин.

Однако как бы ни удавалось снизить скорость изнашивания, все-таки не исключается необходимость в замене отдельных конструктивных элементов и восстановлении регулировочных параметров, т. е. возникает процесс восстановления.

Все эти процессы взаимосвязаны. Производственный определяет нагрузочные и скоростные режимы работы агрегатов и систем машин, влияющих на скорость их изнашивания. А скорость изнашивания вызывает процесс восстановления той или иной интенсивности и связана с затратами и простоями, что учитывается при оптимизации рабочих режимов производственного процесса.

Технико-экономическая оценка, обосновывающая показатели экономичности работы машины и эффективности проводимых мероприятий по техническому обслуживанию и эксплуатационному ремонту, является важнейшим моментом при эксплуатации машин.

Таким образом, эксплуатацию машин следует рассматривать как управление реализацией их эксплуатационных свойств, обеспечивающее эффективное использование техники, а также материальных и трудовых резервов.

Эффективность применения подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин (ПТС и ДМ) зависит от их качества и условий эксплуатации. Производительность, экономичность, надежность и другие показатели качества машины задаются при ее проектировании. Однако в процессе ее изготовления они могут быть снижены из-за нерациональной технологии производства машин или низкой технологичности конструкции, в процессе монтажа – из-за неправильного производства монтажных работ или низкой монтажной технологичности. В процессе эксплуатации и ремонта оборудования происходят непрерывное изменение эксплуатационных свойств и ухудшение технического состояния. При этом увеличиваются зазоры между сопряженными деталями вследствие изменения их размеров (а иногда и формы), нарушаются регулировки, ослабляются крепления, нарушается соосность и в результате снижаются такие эксплуатационные показатели, как величина крутящих моментов, рабочие скорости, усилия на рабочих органах, вследствие чего уменьшаются производительность, экономичность и безопасность работы машины. Это еще более усугубляется, если ее конструкция не соответствует условиям эксплуатации и ремонта.

Следовательно, проектировать машины необходимо с учетом условий и методов их производства, монтажа, эксплуатации и ремонта.

Работоспособность машины обеспечивается ее техническим обслуживанием (управлением машиной, уходом за машиной и снабжением ее запасными частями и эксплуатационными материалами), техническим надзором (контролем за техническим состоянием машины) и ремонтом (возмещением поломок и износа).

Технические и организационные задачи, связанные с обеспечением работоспособности механического, гидropневматического и электрического оборудования машины на всем протяжении ее производственного использования, составляют предмет изучения курса эксплуатации подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин.

Особенности условий эксплуатации транспортных машин на горных предприятиях

На открытых работах:

- Тяжелые трассы, т.е. большие уклоны, чем на подземных работах;
- Постоянное перемещение погрузочных пунктов (экскаваторов);
- Воздействие больших динамических нагрузок на опорные конструкции и узлы машин при погрузке;
- Большое влияние кинематических и погодных условий.

Все эти особенности должны учитываться на трех этапах:

- При создании новых конструкций машин, когда все основные конструктивно-технологические требования к вновь создаваемой машине формируются в «Техническом задании на проектирование»;
- При выборе типа (модели) машины для заданных условий;
- В процессе эксплуатации машин.

Ремонт - комплекс работ для поддержания и восстановления исправности или работоспособности машин.

Техническое обслуживание (ТО) - комплекс работ для поддержания исправности или только работоспособности машин при подготовке и использовании по назначению, при хранении и транспортировании.

Система ТО и ремонта - комплекс взаимосвязанных положений и норм, определяющих организацию и порядок проведения работ по ТО и ремонту для заданных условий эксплуатации и показателей качества.

Различают четыре системы организации технического обслуживания и ремонта (ТОР):

Послеосмотровая: обязательные периодические осмотры машины в строго постоянные сроки. По их результатам устанавливают состояние машин и назначают сроки и виды ремонта. В рабочем состоянии машины поддерживают проведением текущих ремонтов различных по объему.

Периодическая: проведение осмотров и ремонтов через определенные промежутки времени с учетом условий работы машины и ее состояния. Однако объемы ремонтов не планируются. Такие системы могут применяться для машин, работающих в переменном режиме.

Стандартная: периодическое обновление машины путем единовременной смены части деталей и сборочных единиц (для такого вида ремонта установлен объем работ, перечень замены деталей независимо от их состояния).

В горной и металлургической промышленности широкое распространение получила комбинированная система, включающая элементы трех предыдущих систем. Машина после определенной наработки подвергаются осмотрам и различным видам ремонтов, периодичность и продолжительность которых определяется в зависимости от конструктивных особенностей машины, ресурса деталей и сборочных единиц и условий их эксплуатации. Здесь все мероприятия носят плановый характер, а выполняемые работы - предупредительный, исключающий возможность работы машины в условиях прогрессирующего износа. Такая система носит название планово-предупредительных ремонтов (ППР).

Понятие и свойства надёжности. Надёжность машин- комплексное свойство, составными частями которого являются долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость, безотказность. Каждое из перечисленных свойств имеет ряд показатели. Наиболее общим является коэффициент готовности.

$K_T = T / (T + T_{\text{в}})$, где T - средн. пр-ть работы между отказами (наработка на отказ), $T_{\text{в}}$ - среднее время восстановления отказа.

Для трансп. системы $K_{\text{гс}} = [n / K_T - (n-1)]^{-1}$, где n - число трансп. машин.

В соответствии с ГОСТ 27.002-83 «Термины и определения» под надежностью объекта понимаются свойства объекта выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования, технического обслуживания, ремонта, хранения и транспортирования.

Надежность включает в себя безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость.

Безотказность - свойство объекта сохранять работоспособность в течение некоторого времени или некоторой наработки.

Долговечность - свойство объекта сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта.

Ремонтпригодность - свойство объекта, заключающееся в его приспособленности к предупреждению и обнаружению причин возникновения отказов, повреждений и установлению их последствий с помощью ремонта и технического обслуживания.

Сохраняемость - свойство объекта непрерывно сохранять исправное и работоспособное состояние в течение и после хранения и (или) транспортирования.

Оценка надежности машины производится с помощью показателей надежности. Показатель надежности - это количественная характеристика одного или нескольких свойств надежности объекта.

Различают исправное и работоспособное состояние объекта, неисправное и неработоспособное состояние.

Исправное состояние - это такое состояние объекта, при котором он соответствует всем требованиям, установленным нормативно-технической документацией (НТД).

Работоспособное состояние - состояние объекта, при котором он способен выполнять заданные функции, сохраняя значения заданных параметров в пределах, установленных НТД. Например, при износе дизеля по мере выработки ресурса мощность его будет постоянно падать, но до определенного ее уровня двигатель будет работоспособен, хотя его внешний вид и значения отдельных параметров будут отличаться от нового дизеля.

Неисправное состояние - это состояние объекта, при котором он не соответствует хотя бы одному из требований НТД. Например, наличие вмятины на корпусе машины, некоторые деформации ковша свидетельствуют о том, что машина неисправна, однако она работоспособна.

Неработоспособное состояние - это состояние объекта, при котором значения хотя бы одного заданного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции, не соответствуют требованиям, установленным НТД. Например, износ протектора шин сверх допустимого (ухудшается безопасность).

Объект переходит из работоспособного в неработоспособное состояние в результате отказа.

Эффективность использования самоходного оборудования зависит, в первую очередь, от его безотказности.

Показатели безотказности невосстанавливаемых узлов (подшипники, канаты и пр.), восстанавливаемых (все горно-транспортные машины):

- вероятность безотказной работы до первого отказа - $P(t_0)$;
- вероятность безотказной работы за некоторый период - $P(t)$;
- интенсивность отказов (число отказов в единицу времени) - $\lambda(t)$;
- параметр потока отказов - $\omega(t)$;
- средняя наработка до отказа - T_0 ;
- средняя наработка на отказ - T .

Эти показатели определяются на основе статической информации о работе машин на шахтах и рудниках.

Вероятность безотказной работы до первого отказа определяется из выражения

$$P(t_0) = N(t_0) / N(0) \text{ или } P(t_0) = 1 - n(t_0) / N(0),$$

где $N(t_0)$ - количество исправных объектов в момент времени t_0 ; $N(0)$ - в момент времени $t = 0$ (начало работы); $n(t_0)$ - количество отказавших объектов за время t_0 .

Также определяется и вероятность безотказной работы за время t .

Например, начали работать десять машин, а к концу смены осталось исправных семь. Значит, вероятность безотказной работы этой группы машин равна 0,7.

Вероятность отказа определяется из выражения

$$Q(t_0) = 1 - P(t_0),$$

В нашем примере вероятность отказа будет равна 0,3.

Интенсивность отказов (параметр потока отказов) за период времени Δt определяется из выражения

$$\lambda(t) = \Delta n(t, t + \Delta t) / N(t) \Delta t,$$

где Δn - число отказавших машин в интервале времени $t, t + \Delta t$; $N(t)$ - число исправных объектов на период времени t .

Средняя наработка до отказа определяется из выражения

$$T_0 = 1 / N(0) \sum Q_i,$$

где Q_i - наработка i - го объекта до отказа.

Средняя наработка на отказ

$$T = \sum T_i / n,$$

где T_i - наработка i - го объекта между отказами за наблюдаемый период, n - число отказов за этот период.

Ремонтопригодность машин характеризуется вероятностью их восстановления за определенный период $P_b(t)$, средним временем восстановления $T_{ввр}$, интенсивностью потока восстановлений $\mu_b(t)$ и др.

Важное значение для оценки надежности машин имеют комплексные показатели надежности - коэффициент готовности k_r и коэффициент технического использования $k_{ти}$.

Эти показатели характеризуют одновременно два свойства надежности - безотказность и ремонтпригодность.

Коэффициент готовности машины определяется из выражения

$$k_r = T_0 / T_0 + T_b,$$

где T_0 - наработка машины на отказ за наблюдаемый период (t , m , m и $pr.$); T_b - время восстановления работоспособности после отказа машины за этот же период.

Коэффициент технического использования машины определяется из выражения

$$k_{ти} = T_0 / T_0 + T_b + T_{рп},$$

где $T_{рп}$ - время регламентируемых простоев машины для выполнения технического обслуживания и плановых ремонтов.

Коэффициент готовности самоходного оборудования составляет фактически 0,8 - 0,9, технического использования 0,7 - 0,075. Коэффициент технического использования позволяет оценить также уровень организации ремонтной службы на руднике. Чем меньше разрыв между значениями k_r и $k_{ти}$, тем лучше организована ремонтная служба.

Для определения показателей надежности машин необходимо иметь достоверную статическую информацию об отказах, их причинах и пр. Кроме того, в результате обработки этой информации можно уточнить нормативы по техническому обслуживанию, текущему и капитальному ремонту самоходного оборудования, проверить эффективность мероприятий по повышению его надежности.

Используют следующие методы сбора статической информации: хрометражные наблюдения в производственных условиях; бортовые журналы машин; ведомости дефектов и учета восстановленных и изготовленных деталей; акты о состоянии оборудования после отработки определенного срока; акты рекламаций, приемки, испытаний оборудования в производственных условиях, в лабораториях и на специальных стадиях.

Статическую информацию затем обрабатывают известными математическими методами, строят гистограммы распределения исследуемых случайных величин, а затем - теоретическую кривую распределения этих величин, описываемую одним из законов распределения - нормальным, логарифмически-нормальным, Вейбулла и др.).

Результаты анализа используются при выборе оптимальной модели профилактики машин, определении необходимого количества запасных частей и др.

Основные пути повышения надежности самоходного оборудования - повышение качества их изготовления, применение наиболее рациональных режимов их эксплуатации, повышение квалификации обслуживающего персонала и уровня ремонтной службы предприятия, предусматривающего использование средств технической диагностики.

К Выводам по дисциплине.

Повышение эффективности ОГР (в части транспорта) достигается за счет:

- Комплексной механизации
- Совершенствование эксплуатации
- Применением более совершенных моделей машин
- Применения комбинированных схем
- Применения новых видов транспорта (специализированного, улучшенной и принципиально изменённых конструкций)

Принципами комплексной механизации ОГР являются:

- Минимальные затраты для достижения результата (объема добычи, расхода энергии и др.)
- Обеспечение технологической непрерывности процесса (работы) от ведущей машины с обеспечением ее максимальной производительности ко всем последующим машинам комплекса (до отвала и переработки);
- Применение наименьшего числа однотипных машин при наибольшей производительности (большей мощности);
- Поточность производства (чаще – совмещение, реже разделение производственных процессов);
- Полное использование рабочего времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шешко Е.Е. Эксплуатация и ремонт оборудования транспортных комплексов карьеров. М.:МГУ, 1996.425с.
2. Дьяков В.А. Транспортные машины и комплексы открытых разработок. М., Недра, 1986. 476с.
3. Подерни Р.Ю. Горные машины и комплексы для открытых работ(2Ч). М.: Недра, 1999.-456с.
4. Трубецкой К.Н., Краснянский Г.Л., Хронин В.В. Проектирование карьеров: В 2т.-М.:Академия горных наук, 2001 (Т.1.-519с., Т.2.-535с.).
5. Справочник механика открытых горных работ/Под ред. М.И.Щадова. М.:Недра, 1987.-397с.
6. Расчет ленточных конвейеров: Методические указания для курсового и дипломного проектирования. Ленинградский горный институт. Сост. К.А. Васильев. Л., 1995.
8. Расчет карьерного железнодорожного транспорта. Методические указания по выполнению расчетно-графического задания, самостоятельной работы и специальной части курсового и дипломного проектов. Сост. Фомин В.А. СПГИ (ТУ). СПб, 2001.30с.
9. П.Л. Мариев, А.А. Кулешов, А.Е. Егоров, И.В. Зырянов. «Карьерный автотранспорт: состояние и перспективы». Издательство «Наука», Санкт-Петербург, 2004. 429 с.
10. А.А. Кулешов «Проектирование и эксплуатация карьерного автотранспорта». Санкт-Петербург 1995. в 2-х Ч.(1 и 2).
11. Расчеты транспортных машин открытых горных разработок: учеб.пособие\Ю.А. Плютов; ГОУ ВПО «Гос. Ун-т цвет. металлов и золота».-Красноярск,2006. – 116с.
12. Шешко Е.Е. Горно-транспортные машины и оборудование для открытых работ. - М.: МГУ, 2003.
13. Подерни Р.Ю. Механическое оборудование карьеров: Учебник. – 2007. - 678с.
14. Проектирование границ открытых горных работ: Учебное пособие / О.В.Шпанский, Д.Н.Лигоцкий, Д.В.Борисов. Санкт-Петербургский государственный горный институт. СПб, 2003.
15. Правила безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом (ПБ-06-07-92). НПО ОБТ 1997. Госгортехнадзор РФ. М., 2001.
16. Яковлев В.Л. Научные основы выбора транспорта глубоких карьеров. Новосибирск: Наука, 1989.